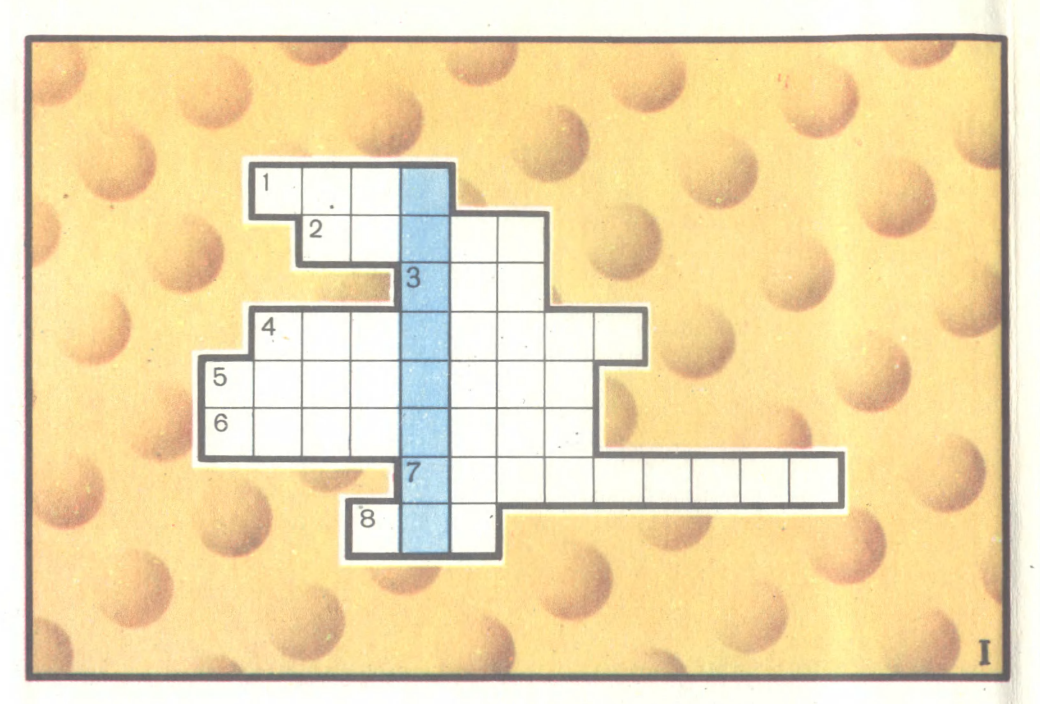
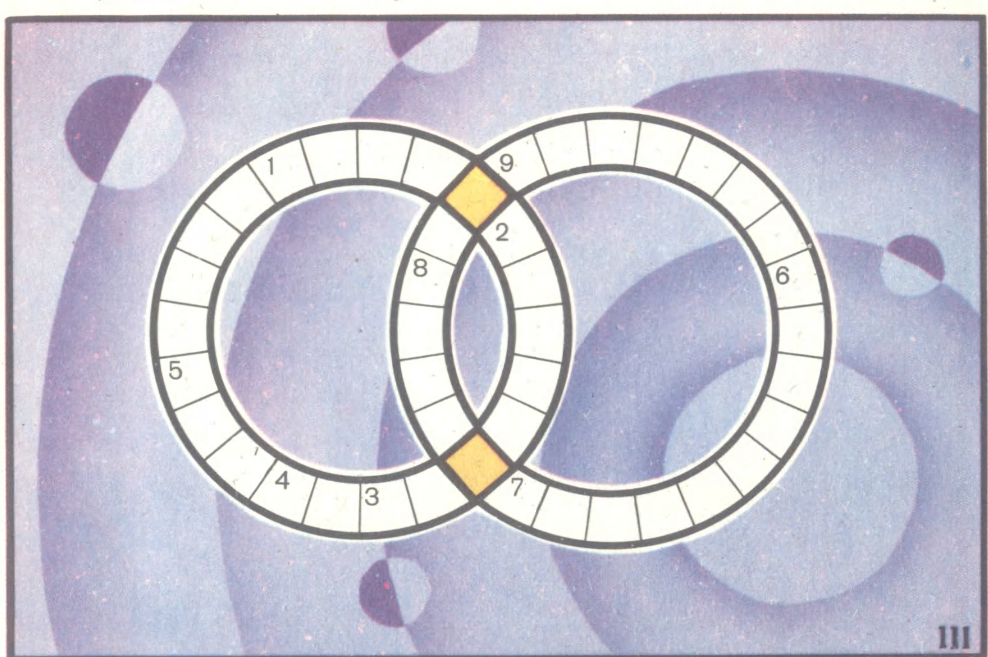


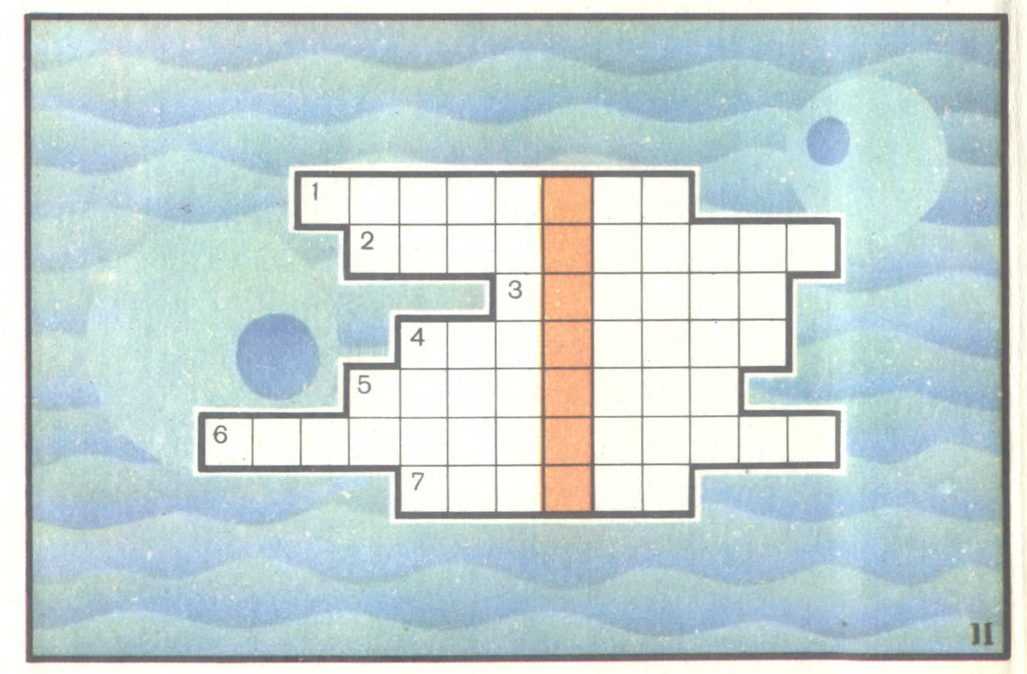
ρ=m/V
КНИГА
ДЛЯ ЧТЕНИЯ
ПО ФИЗИКЕ
I=U/R
6-7



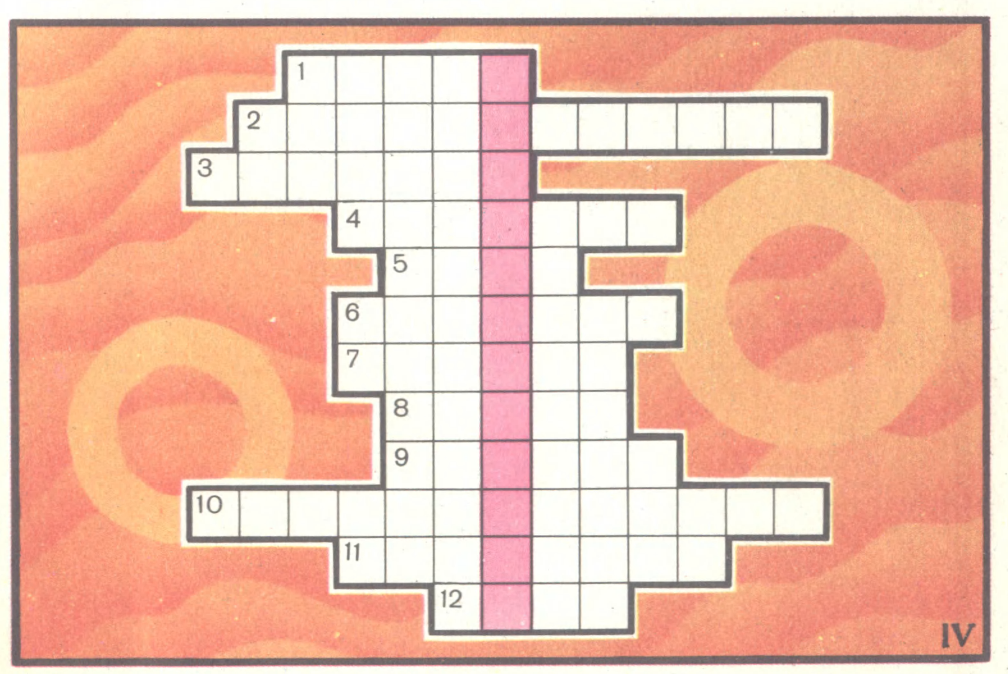
1
2
3
4
5
6
7
8
I



1
2
3
4
5
6
7
8
9
III



1
2
3
4
5
6
7
II



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
IV

КНИГА ДЛЯ ЧТЕНИЯ ПО ФИЗИКЕ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 6—7 КЛАССОВ
СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

Составитель *И. Г. Кириллова*

Рекомендовано Главным управлением школ Министерства просвещения СССР

Издание второе, переработанное

МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1986

ББК 22.3я72
К43

Рецензент учитель физики *А. З. Синяков*

Кириллова И. Г.

К43 Книга для чтения по физике: Учеб. пособие для учащихся 6—7 кл. сред. шк. /Сост. И. Г. Кириллова.— 2-е изд., перераб.— М.: Просвещение, 1986.— 207 с., ил.

Книга содержит рассказы и экспериментальные задания по основным темам курса физики 6—7 классов средней школы, подобранные из трудов известных ученых, научно-популярной и художественной литературы.

К $\frac{4306020000-430}{103(03)-86}$ — инф. письмо — 86 **ББК 22.3я72 53(075)**

ЮНОМУ ЧИТАТЕЛЮ

Дорогие ребята!

Вы держите в руках книгу, цель которой — помочь вам лучше понять и полюбить интересную, но далеко не легкую науку — физику. Эта книга написана в дополнение к учебнику физики. Она познакомит вас с некоторыми новыми сторонами изучаемых в школе физических явлений.

Знаете ли вы, кто быстрее всех бегает? Сколько весит тело, когда оно падает? Кто ввел в русский язык термины «атмосфера» и «барометр»? Кого из насекомых можно назвать «изобретателем» водолазного колокола? Как образуется снег и лед? Почему осадки выпадают то в виде дождя, то в виде снега, то в виде града? Какой вид имели первые электромагниты? А знаете ли вы, что одно и то же физическое явление может быть полезным и вредным? Ответы на эти и многие другие вопросы вы получите, прочитав нашу книгу. В ней вы также найдете научные объяснения необычных на первый взгляд фактов. Поймете, например, почему иногда из кипящего самовара может течь холодная вода.

Круг ваших интересов очень обширен: одни любят мастерить и конструировать, других привлекает история науки или технические применения законов физики. Мы старались выбрать самый разнообразный материал, чтобы удовлетворить каждого из вас.

Нам хотелось, чтобы эта книга научила вас задумываться над окружающими явлениями и находить им правильные объяснения.

Физика — наука экспериментальная. Наблюдения и опыты служат основой новых знаний. На уроках физики вы проделаете большое число опытов и лабораторных работ. Но многое можно сделать и дома, используя термометр, барометр, весы, пылесос, сифон,

а также конструкторы и наборы по электротехнике и радиотехнике, судо- и авиамоделизму. Наша книга поможет вам в этом. В ней вы найдете экспериментальные задания, которые советуем проделать дома. Наиболее удавшиеся опыты вы можете продемонстрировать на уроке всему классу.

В книге вы прочитаете также отрывки из трудов известных ученых, из научно-популярной и другой литературы.

Сведения из жизни ученых, отрывки из их работ позволят вам понять, в каких условиях проходило развитие физики, как непросто первооткрывателям доказывать свою правоту, преодолевать установившиеся взгляды.

«Книга для чтения по физике» отличается от других научно-популярных книг тем, что читать отдельные параграфы, выполнять практические задания нужно одновременно с прохождением соответствующего материала в школе. Только тогда эта работа будет способствовать более глубокому усвоению физики.

Для того чтобы вам было легче ориентироваться в материале книги, порядок изложения в ней соответствует последовательности изучения вопросов в учебнике «Физика 6—7» и названия разделов сформулированы так же, как в учебнике. Содержание каждой главы данной книги расширяет материал соответствующей главы учебника.

Покажем это на конкретных примерах.

Изучение курса физики в VI классе начинается с «Введения», цель которого — «ввести» вас в круг основных понятий физики, познакомить с методами этой науки. Важным материалом в данном разделе является вопрос о физических величинах и измерениях. Частично этот материал вам знаком, вы уже знаете довольно много физических величин: длину, объем, скорость, температуру и др., а также их единицы: 1 м (один метр), 1 л (один литр), $1\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$ (один метр в секунду), 1 °С (один градус Цельсия) и др. Из «Книги для чтения по физике» вы узнаете о старинных единицах различных величин; о соотношениях между этими единицами и единицами, которые используются теперь; о десятичной метрической системе мер, которая в настоящее время применяется почти во всех странах; выясните, что она собой представляет, какова история ее создания, в чем преимущества этой системы мер перед другими. Этот материал вы сможете использовать на уроке при ответе на вопрос об измерениях физических величин.

В следующей главе «Первоначальные сведения о строении вещества» говорится о необходимости и возможности изучения строения вещества, рассказывается о молекулах и об опытном доказательстве существования и движения молекул, приводится объяснение различия свойств твердых тел, жидкостей и газов на основе знаний о строении вещества.

«Книга для чтения по физике» дополняет этот раздел историческим материалом, рассказывающим о том, как представляли себе строение вещества древние ученые; о жизни и деятельности великого русского ученого М. В. Ломоносова, который первым в России развил учение о молекулярном строении вещества. Важнейшим опытным подтверждением молекулярной теории является броуновское движение. Что представляет собой это явление, в чем его причина, как его можно наблюдать, вы узнаете, прочитав параграф для дополнительного чтения в учебнике. Эта же книга расскажет вам об истории открытия этого явления английским ботаником Робертом Броуном, об изучении и объяснении причин этого явления французским физиком Жаном Перреном.

«Физика переводит технику из области случайных находок на рациональную, сознательную и количественную дорогу»,— писал советский физик С. И. Вавилов. Подтверждением этого является статья Б. Кулитти «Диффузия в металлах», в которой на основании изучения механизма протекания диффузии в твердых телах объясняется способ повышения прочности стальных деталей путем увеличения твердости их поверхности.

В других главах вы найдете интересный и поучительный материал по всем основным вопросам, изучаемым на уроках физики в VI и VII классах.

В заключение мы хотим дать вам несколько советов, как работать с этой книгой, так как самостоятельное изучение различных вопросов физики — это, конечно, работа и она требует определенных усилий и умений.

Материал, который вы изучаете в школе, учитель объясняет, помогает вам понять его, выделить главное, подобрать примеры. С «Книгой для чтения по физике» вы будете работать самостоятельно. Как найти материал, относящийся к вопросам, изучаемым на уроке, мы уже рассказали. А для того чтобы научиться приобретать знания из книг (умение, которое вам необходимо в жизни), воспользуйтесь нашими советами. Мы даем их, исходя из того, что вы хотите понять материал, запомнить и связать его с вопросами, изучаемыми на уроках физики.

1. Прежде всего внимательно прочитайте заголовок (и эпиграф, если он есть). Представьте себе, о чем пойдет речь, вспомните, что вы уже знаете по этому вопросу.

2. Далее приступайте к чтению параграфа или задания. Обращайте внимание на все незнакомые слова и выражения (их можно выписывать) и обязательно выясняйте их значения. Для этого обращайтесь к ссылкам в тексте, словарям и справочникам.

3. Читая текст, учитесь выделять главное. Например, знакомясь с каким-либо физическим явлением, обращайте внимание на следующие вопросы: в чем сущность явления, в каких условиях оно протекает, каковы его внешние признаки, как учитывается и используется оно на практике; читая о жизни и деятельности ученого, постарайтесь понять сущность его открытия, представить условия, в которых он жил и работал, трудности, с которыми сталкивался.

4. Читая задание, постарайтесь уяснить цель опыта (наблюдения), представить, как вы будете его выполнять. Затем проведите наблюдение или опыт, сделайте вывод, сравните его с тем, что вам уже известно, изучено на уроке, и оформите результаты в виде таблицы, рисунка или составьте отчет.

5. Чтобы запомнить самостоятельно изученный материал, можно использовать специальные приемы. К ним относится, например, составление плана прочитанного. План помогает проконтролировать себя, выделить главное в тексте, проследить за последовательностью изложения.

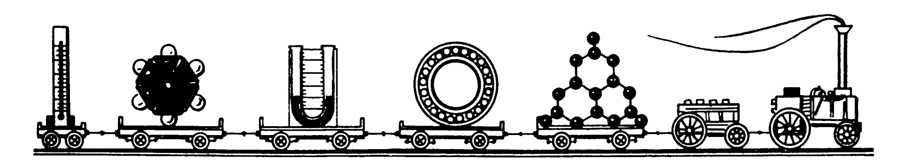
Вам может показаться, что такая работа с книгой сложна, занимает слишком много времени да и не нужна, что достаточно только прочитать параграф или проделать опыт. Но в этом случае в вашей памяти останутся только наиболее яркие эпизоды и не всегда самые важные.

Самостоятельное приобретение знаний очень важное умение. Учиться этому необходимо. И наша книга поможет вам в этом нелегком деле. А чтобы работа была не слишком утомительна, мы постарались для каждого из вас подобрать интересный и посильный материал.

Надеемся, что книга станет для вас добрым помощником в изучении физики и формировании умения самостоятельно приобретать знания.

Успехов вам, дорогие ребята!

VI класс



Глава I

ИЗ ИСТОРИИ МЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕР

Наука начинается с тех пор,
как начинают измерять.
Д. И. Менделеев

ВЕРШОК, ЛОКОТЬ И ДРУГИЕ ЕДИНИЦЫ...

С давних пор люди сталкивались с необходимостью определять расстояния, длины предметов, время, площади, объемы и т. д.

Значение измерений возрастало по мере развития общества и, в частности, по мере развития науки. А чтобы измерять, необходимо было придумать единицы различных физических величин. Вспомните, как написано в учебнике: «Измерить какую-нибудь величину — это значит сравнить ее с однородной величиной, принятой за единицу этой величины».

Знаете ли вы, какие существовали и существуют сейчас единицы длины, каково их происхождение?

Самыми древними единицами были субъективные единицы. Так, например, моряки измеряли путь *трубками,* т. е. расстоянием, которое проходит судно за время, пока моряк выкурит трубку. В Испании похожей единицей была *сигара*, в Японии — *лошадиный башмак,* т. е. путь, который проходила лошадь, пока не износится привязанная к ее копытам соломенная подошва, заменявшая подкову. В Египте распространенной единицей длины был *стадий* — путь, проходимый мужчиной за время между первым лучом Солнца и появлением на небе всего солнечного диска, т. е. примерно за две минуты.

У многих народов для определения расстояния использовалась единица длины *стрела* — дальность полета стрелы. Наши



Рис. 1

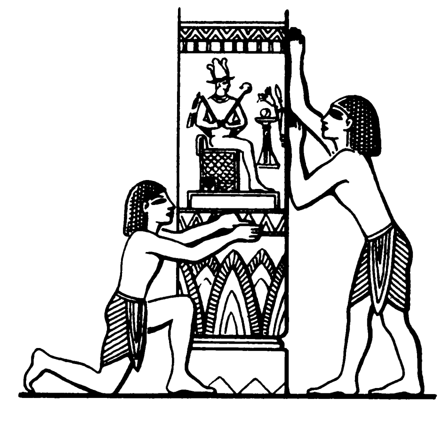


Рис. 2.
Измерение длин локтями и пальцами.

выражения: «не подпускать на ружейный выстрел», позднее «на пушечный выстрел» — напоминают о подобных единицах длины.

Древние римляне расстояния измеряли *шагами* или *двойными шагами* (шаг левой ногой, шаг правой). Тысяча двойных шагов составляла *милю* (лат. «милле» — тысяча).

Длину веревки или ткани неудобно измерять шагами или стадиями. Для этого оказались пригодными встречающиеся у многих народов единицы, отождествляемые с названиями частей человеческого тела. *Локоть* — расстояние от конца пальцев до локтевого сустава (рис. 1, 2). На Руси долгое время в качестве единицы длины использовали *аршин* (примерно 71 см). Эта мера возникла при торговле с восточными странами (перс. «арш» — локоть). Многочисленные выражения: «Словно аршин проглотил», «Мерить на свой аршин» и другие — свидетельствуют о ее широком распространении.

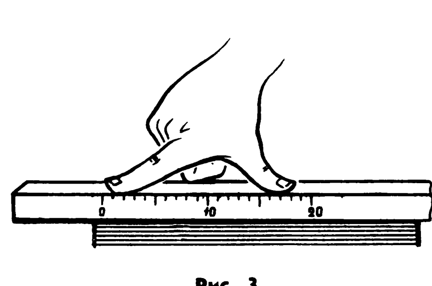


Рис. 3

Для измерения меньших длин применяли *пядь* — расстояние между концами расставленных большого и указательного пальцев (рис. 3). Пядь или, как ее еще называли, *четверть* (≈ 18 см) составляла $^1/_4$ аршина, а $^1/_{16}$ доли аршина равнялся *вершок* ($\approx 4{,}4$ см).

Очень распространенной единицей длины была *сажéнь*. Впервые упоминание о ней встречается в XI в. С 1554 г. сажень устанавливают равной 3 аршинам ($\approx$2,13 м) и она получает название *царской* (или орленой, печатной) в отличие от произвольных — *маховой* и *косой*. *Маховая сажень* — размах рук — равна примерно 2,5 аршинам. Рыбак, который показывает, какую большую рыбу он упустил, демонстрирует нам маховую сажень (рис. 4). *Косая сажень* — расстояние от конца вытянутой вверх правой руки до носка левой ноги, она примерно равна 3,25 аршинам (рис. 5). Вспомните, как в сказках говорится о великанах: «Косая сажень в плечах».



Рис. 4

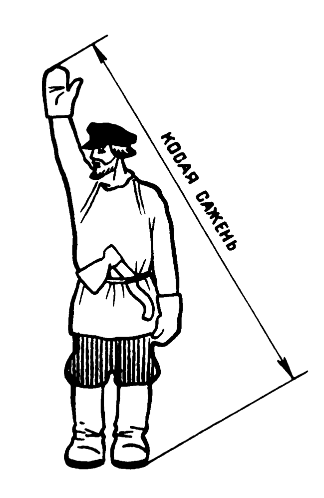


Рис. 5

В странах Западной Европы издавна применяли в качестве единиц длины *дюйм* (2,54 см) — длина сустава большого пальца (от голл. «дюйм» — большой палец, рис. 6) и *фут* (30 см) — средняя длина ступни человека (от англ. «фут» — ступня, рис. 7).

Локоть, вершок, пядь, сажень, дюйм, фут и т. д. очень удобны при измерениях, так как они всегда «под руками». Но единицы длины, соответствующие частям человеческого тела, обладают большим недостатком: у различных людей пальцы, ступни и т. д. имеют разную длину. Чтобы избавиться от произвола, в XIV в. субъективные единицы начинают заменять набором объективных единиц. Так, например, в 1324 г. в Англии был установлен

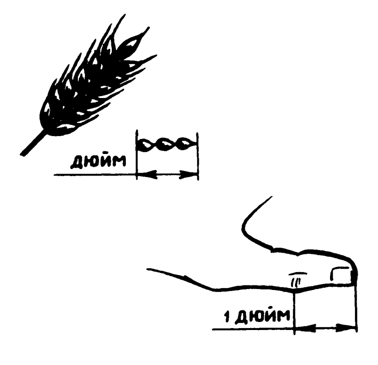


Рис. 6



Рис. 7

законный дюйм, равный длине трех приставленных друг к другу ячменных зерен, вытянутых из средней части колоса (см. рис. 6). Фут определили как среднюю длину ступни шестнадцати человек, выходящих из церкви, т. е. обмером случайных людей стремились получить более постоянное значение единицы — среднюю длину ступни (рис. 8).

КАКУЮ ВЕЛИЧИНУ МЫ ОПРЕДЕЛЯЕМ, ВЗВЕШИВАЯ ТЕЛО НА РЫЧАЖНЫХ ВЕСАХ?

Какой народ и когда изобрел рычажные весы (рис. 9) — неизвестно. Возможно, что это было сделано многими народами независимо друг от друга, а простота использования послужила причиной их широкого распространения.

При взвешивании на рычажных весах на одну чашку кладут взвешиваемое тело, на другую — гири. Гири подбирают так, чтобы установить равновесие. При этом уравновешиваются *массы* взвешиваемого тела и гирь. Если уравновешенные весы перенести, например, на Луну, где вес тела меньше, чем на Земле, в 6 раз, равновесие не нарушится, так как вес и тела, и гирь на Луне уменьшился в одинаковое число раз, а масса осталась прежней.



Рис. 8

Следовательно, *взвешивая* тело на рычажных весах, мы определяем его *массу,* а не вес.

Единицы массы, как и единицы длины, сначала устанавливались по природным образцам. Чаще всего по массе какого-нибудь семени. Так, например, массу драгоценных камней определяли и до сих пор определяют в *каратах* (0,2 г) — это масса семени одного из видов бобов (рис. 10).

Позднее за единицу массы стали принимать массу воды, наполняющей сосуд определенной вместимости. Например, в Древнем Вавилоне за единицу массы принимали *талант* — массу воды, наполняющей такой сосуд, из которого вода равномерно вытекает через отверстие определенного размера в течение одного часа.

По массе зерен или воды изготовляли металлические гири разной массы. Ими пользовались при взвешивании.

Гири, служившие эталоном (образцом), хранились в храмах или правительственных учреждениях.

На Руси древнейшей единицей массы была *гривна* (409,5 г). Существует предположение, что эта единица ввезена к нам с Востока. Впоследствии она получила название фунта. Для определения больших масс использовался *пуд* (16,38 кг), а малых — *золотник* (12,8 г).

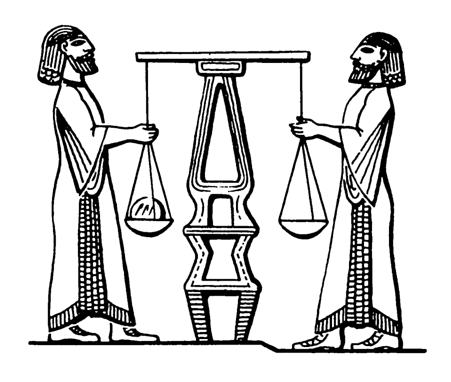




Рис. 9.
Изображение рычажных весов на древних памятниках в Египте и Вавилоне.



Рис. 10

ОТКУДА ПОШЛО ВЫРАЖЕНИЕ: «МЕРИТЬ НА СВОЙ АРШИН»?

Почти во всех странах вплоть до XVIII в. применялись свои меры длины, массы, площади и т. д. Но даже одна и та же мера, например сажень, в России, в Польше, в Прибалтике, в Финляндии, на Кавказе имела разную длину. В связи с этим до революции в учебниках арифметики помещали подробные таблицы отечественных и зарубежных единиц.

Но не только разные государства, но и отдельные области внутри одного и того же государства использовали особые меры. Так, во Франции (да и в некоторых других странах) крупные землевладельцы имели право устанавливать в пределах своих владений собственные меры. Такой владелец, измеряя поступающие к нему налоги в буквальном смысле слова собственным аршином и собственным фунтом, получал для себя наибольшую прибыль.

С развитием торговых связей между народами в каждой стране наряду с ранее применявшимися мерами стали употреблять меры чужих стран. Таким образом росло число единиц для измерения одной и той же величины.

Громадное число различных мер, неудобные для расчетов соотношения между единицами создали много затруднений, ошибок, обманов и злоупотреблений. Всевозможные расчеты в промышленности и торговле были очень сложны и требовали много времени, труда и внимания.

Назрела необходимость уточнить основные единицы и упорядочить всю систему мер. И первым шагом к этому явилось создание постоянных образцов (эталонов) мер *длины* в виде металлических линеек или стержней и *массы* в виде металлических гирь-эталонов.

Первые эталоны русского фунта и аршина были изготовлены в 1747 г.

ДЕСЯТИЧНАЯ МЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МЕР

Необходимость введения международной системы мер назрела еще в конце XVIII в. Каким же требованиям она должна была удовлетворять?

Прежде всего это должна быть *общая* система мер, т. е. каждая физическая величина должна иметь вполне определенную

единицу, общую для всех или по крайней мере для многих народов.

Кроме того, все основные меры желательно взять непосредственно из природы, чтобы при потере или износе эталона ту или иную меру можно было бы вновь восстановить.

Нужно также, чтобы единицы были определенным образом связаны друг с другом.

Около 5000 лет назад ученые Древнего Вавилона создали связанную систему (рис. 11). Суть ее следующая:



Рис. 11

1. Сутки делились на день и ночь.
2. Каждая из этих частей делилась на 12 часов.
3. Час был равен времени истечения воды из сосуда кубической формы.
4. Длина ребра этого куба была принята за единицу длины так называемый священный фут.
5. Площадь квадрата со стороной, равной 1 футу, являлась единицей площади.
6. Объем куба с ребром в 1 фут являлся единицей объема.
7. Масса кубического фута воды составляла вавилонский талант — древнейшую единицу массы.

Здесь единицы разных величин: времени, длины, площади, объема, массы — оказались связанными между собой.

Одной единицы для измерения какой-либо величины мало. Неудобно, например, расстояние между городами, длину веревки и толщину бумаги измерять аршинами. Надо ввести единицы бо́льшие и меньшие и указать, во сколько раз они больше или меньше выбранной.

Соотношение между единицами указывалось и в старину. Например, 1 миля = 7 верстам, 1 верста = 500 саженям, 1 сажень = 3 аршинам, 1 аршин = 16 вершкам. Но такая система единиц неудобна. Попробуйте сосчитать, например, сколько вершков в миле!

Гораздо удобнее для расчетов такая система, в которой каждая единица в 10, 100, 1000 и т. д. раз больше или меньше других однородных единиц.

Впервые система мер на десятичной основе была предложена в XVII в. французским астрономом Мутоном.

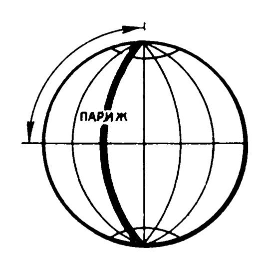


Рис. 12

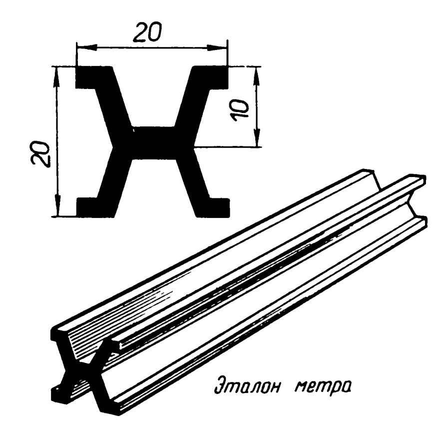


Рис. 13

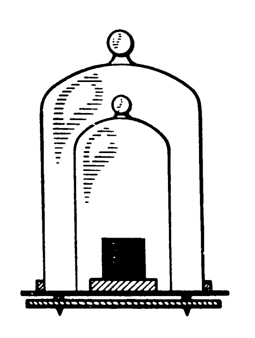


Рис. 14

В 1791 г. во Франции было принято решение создать десятичную метрическую систему мер. Основными[1] величинами в этой системе были выбраны *длина* и *масса*.

Комиссия, в которую входили крупнейшие французские ученые, предложила принять за единицу длины $^1/_{10\,000\,000}$ часть четверти длины земного меридиана, проходящего через Париж (рис. 12). Измерить длину меридиана было поручено астрономам Мешену и Деламберу. Работа продолжалась шесть лет. Ученые измерили часть длины меридиана, расположенную между городами Дюнкерком и Барселоной, а затем вычислили полную длину четверти меридиана от полюса до экватора.

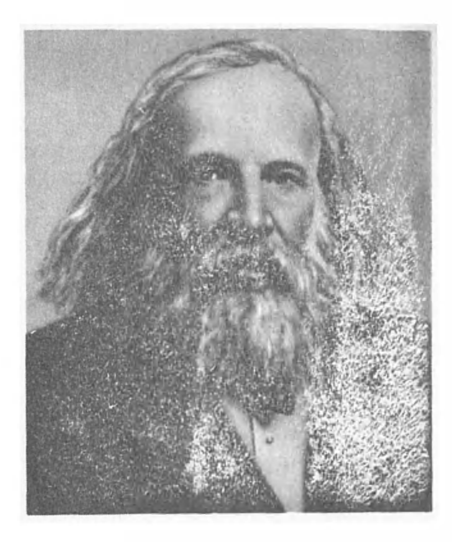
На основании их данных из платины был изготовлен *эталон* новой единицы (рис. 13). Эту единицу назвали *метром* — от греческого слова «метрон», что значит «мера».

За единицу массы была принята масса одного кубического дециметра дистиллированной воды при температуре ее наибольшей плотности 4 ° С, определяемая взвешиванием в вакууме. Был изготовлен эталон этой единицы, названной *килограммом*, в виде платинового цилиндра (рис. 14).

---

[1] Единицы, выбранные произвольно и служащие основой для введения других единиц, называются *основными*.

Дмитрий Иванович Менделеев (1834—1907) — великий русский химик, разносторонний ученый, педагог, прогрессивный общественный деятель. Много сделал для того, чтобы метрическая система мер стала международной и была введена в России. Д. И. Менделеев являлся организатором и первым директором (с 1893 г. и до конца жизни) Главной палаты мер и весов (ныне Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева).



В 1869 г. Петербургская академия наук обратилась к научным учреждениям всего мира с призывом сделать предложенную французскими учеными десятичную метрическую систему мер международной. В этом обращении говорилось и о том, что «достижения науки привели к необходимости отказаться от прежнего определения метра как $^{1}/_{10\,000\,000}$ доли четверти длины парижского меридиана, так как позднейшие более точные измерения меридиана давали другие результаты». Кроме того, стало известно, что длина меридиана со временем меняется. Но так как немыслимо было после каждого измерения меридиана менять длину метра, то Петербургская академия наук предложила принять метр, хранившийся во французском архиве (архивный метр), за прототип — первый образец и изготовить с него возможно точные и устойчивые копии для разных стран, сделав этим метрическую систему мер международной.

Когда же была введена метрическая система мер в нашей стране? Передовые русские ученые, много сделавшие для того, чтобы метрическая система мер стала международной, не смогли преодолеть сопротивления царского правительства введению метрической системы мер в нашей стране. Удалось добиться только того, что в 1899 г. был принят закон, подготовленный Д. И. Менделеевым, по которому наравне с российскими мерами «дозволялось применять в России международный метр и килограмм», а также кратные им единицы — грамм, сантиметр и др.

Вопрос об использовании метрической системы мер в России

был окончательно решен после Великой Октябрьской социалистической революции. 14 сентября 1918 г. Советом Народных Комиссаров РСФСР было издано постановление, в котором говорилось: «Положить в основу всех измерений международную метрическую систему мер и весов с десятичными подразделениями и производными».

ВЫЧИСЛЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ МЕР

Для иллюстрации того, насколько метрическая десятичная система упрощает вычисления, рассмотрим решение одинаковых по смыслу задач в разных системах.

Вычислить, во сколько раз 22 пуда 11 фунтов 1 золотник меньше 155 пудов 37 фунтов 2 лотов и 1 золотника.

Вычислить, во сколько раз 85 килограммов 537 граммов меньше 5 центнеров 98 килограммов 759 граммов.

Вы знаете, что поставленная задача решается делением. Нужно только делимое и делитель выразить в одинаковых для каждого случая единицах.

1 пуд = 40 фунт. 1 фунт = 32 лота 1 лот = 3 золот. 1 фунт = 3 золот · 32 = 96 золот.	1 ц = 100 кг 1 кг = 1000 г
22 пуда = 40 фунт. · 22 = 880 фунт. 880 фунт. + 11 фунт. = 891 фунт 891 фунт = 96 золот. · 891 = 85 536 золот. 85 536 золот. + 1 золот. = 85 537 золот.	85 кг 537 г = 85 537 г
155 пуд. = 40 фунт. · 155 = 6200 фунт. 6200 фунт. + 37 фунт. = 6237 фунт. 6237 фунт. = 32 лота · 6237 = 199 584 лота 199 584 лота + 2 лота = 199 586 лот. 199 586 лот = 3 золот. · 199 586 = 598 758 золот. 598 758 золот. + 1 золот. = 598 759 золот.	5 ц 98 кг 759 г = 598 759 г
598 759 золот. : 85 537 золот. = 7	598 759 г : 85 537 г = 7.

По подсчету академика Б. С. Якоби (сторонника превращения метрической системы в международную), от замены прежней системы мер на метрическую преподавание арифметики в школе выиграло *третью* часть времени, отводившегося на этот предмет. Соответственно значительно упростились расчеты в промышленности и торговле.

СИ — СИСТЕМА ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНАЯ

Недостатком метрической системы был малый охват измеряемых величин — длина, площадь, объем, масса. А в первой половине XIX в. в связи с развитием учений о теплоте, свете, электричестве и магнетизме появилась потребность в единицах этих величин. С расширением круга величин, подлежащих измерению, возникали различные системы единиц, охватывающие определенные разделы физики. Так, на основе десятичной метрической системы было создано несколько различных систем единиц, например *техническая*, в которой за основные были выбраны следующие единицы: *метр* для длины, *килограмм-сила* для силы, *секунда* для времени. Единицы остальных величин в этой (так же как и в любой другой) системе выражались через основные с помощью уравнений, связывающих эти величины с основными.

Единицы, получаемые из основных с помощью физических формул, называются *производными.*

Например, единицу скорости получают из уравнения

$$v=\frac{s}{t},$$

подставляя в правую часть равенства единицы пути и времени:

$$[v]=\frac{1\ \text{м}}{1\ \text{с}}=1\ \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Единицу площади — из уравнения

$$S=lb,$$

где l и b — длина и ширина, выраженные в метрах. Поэтому единицей площади будет 1 м^2.

$$[S]=1\ \text{м}\times 1\ \text{м}=1\ \text{м}^2.$$

Аналогично получаем единицу объема из уравнения

$$V=lbh, \text{ или } V=Sh,$$

где h — высота, также выраженная в метрах.

$$[V]=1\ \text{м}\times 1\ \text{м}\times 1\ \text{м}=1\ \text{м}^3.$$

Так вы будете из соответствующих уравнений выводить и другие производные единицы.

Множество единиц в различных системах и большое число внесистемных единиц (калория, лошадиная сила и др.) очень

усложняли научные и технические расчеты. В связи с этим встал вопрос об установлении *единой универсальной системы единиц*, охватывающей все отрасли науки и техники.

В 1960 г. XI Генеральная конференция по мерам и весам, в которой принимали участие крупные ученые многих стран, в том числе и СССР, приняла резолюцию об установлении Международной системы единиц — СИ (читается «эс-и» от первых букв слов «система интернациональная»).

В качестве основных единиц были выбраны следующие:

метр — единица длины,

килограмм — единица массы,

секунда — единица времени,

кельвин — единица температуры,

ампер — единица силы тока,

кандела — единица силы света.

В 1971 г. была введена еще одна единица —

моль — единица количества вещества.

При этом были введены новые эталоны основных единиц, которые можно определить с большей точностью, чем прежние.

Что такое метр, секунда, вы уже знаете. С единицей массы — килограммом вы познакомитесь в VI классе. Что такое кельвин, кандела, моль — узнаете в старших классах.

18 сентября 1961 г. Комитет стандартов и измерительных приборов при Совете Министров СССР утвердил Международную систему единиц для СССР. Но переход на новую систему занимает определенное время, так как невозможно сразу все приборы переградуировать в единицы СИ, заменить прежние единицы, встречающиеся в технической и справочной литературе.

Наряду с единицами Международной системы допускается использование некоторых внесистемных единиц, таких, как градус Цельсия (° С), час (ч), минута (мин), километр в час (км/ч) и др.

Интересно знать

В древние времена самой точной мерой длины считалась толщина волоса верблюда или мула (около 0,1 мм), причем только в том случае, если волос был выдернут из хвоста.

Англичане столкнулись с большими трудностями при переходе в 1977 г. на Международную метрическую систему мер. Они настолько привыкли к старым английским мерам, что долго не

могли без ошибок применять новые единицы. Так, например, 20-летний лондонский полицейский определил, что его рост около 7 м, а одна 23-летняя женщина ответила, что ее рост... 55 см.

Глава II

ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОЕНИИ ВЕЩЕСТВА

Если бы я захотел читать, еще не зная букв, это было бы бессмыслицей. Точно так же, если бы я захотел судить о явлениях природы, не имея никакого представления о началах вещей, это было бы такой же бессмыслицей.

М. В. Ломоносов

ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДРЕВНИХ УЧЕНЫХ О ПРИРОДЕ ВЕЩЕСТВА

Использован материал: «Книга для чтения по физике». Ч. II. Сост. Н. А. Пушкарев и др.

Задолго до нашей эры народы Древнего Востока — египтяне, вавилоняне, ассирийцы, индусы и китайцы — накопили много естественнонаучных и технических знаний. В связи с необходимостью строить здания, храмы, пирамиды, с развитием мореплавания, потребностями измерений земельных участков и т. д. накапливались первоначальные сведения о свойствах различных материалов, о технике математических вычислений, о движении небесных светил.

Однако научные знания народов Древнего Востока не содержали данных о *строении* тел и о причинах отдельных явлений природы.

По дошедшим до нас сведениям первые высказывания по этим вопросам принадлежат ученым античного мира — Древней Греции и Древнего Рима. Среди этих ученых следует назвать Фалеса Милетского, Анаксимена, Гераклита Эфесского. Фалес, например, утверждал, что первоначалом всех вещей является *вода,* из нее образуются все вещи, а Анаксимен учил, что весь мир построен из *воздуха.* Древнегреческий мудрец Гераклит говорил, что первичной формой вещества является *огонь.*

Основная заслуга этих ученых заключается в том, что они поставили вопрос: из чего состоят окружающие нас

т е л а? Сплошные ли они или построены из каких-то очень маленьких частиц, которые нельзя увидеть, но о существовании которых можно догадаться на основании наблюдений: испарения воды, стирания лезвий ножа и плуга при длительной работе и т. д.?

Древнегреческий ученый Демокрит впервые высказал гениальное предположение о том, что все тела состоят из мельчайших неделимых и неизменных частичек — *атомов*, которые находятся в движении и, взаимодействуя между собой, образуют все тела природы.

Основные мысли учения Демокрита об атомах были изложены римским поэтом и философом Лукрецием в классической поэме «О природе вещей»[1]. Вот что он писал:

...Выслушай то, что скажу, и ты сам, несомненно, признаешь,
Что существуют тела, которых мы видеть не можем.
Ветер, во-первых, морей неистово волны бичует,
Рушит громады судов и небесные тучи разносит,
Или же, мчась по полям, стремительным кружится вихрем,
Мощные валит стволы, неприступные горные выси,
Лес низвергая, трясет порывисто: так, налетая,
Ветер, беснуясь, ревет и проносится с рокотом грозным.
Стало быть, ветры — тела, но только незримые нами...

...Далее, запахи мы обоняем различного рода,
Хоть и не видим совсем, как в ноздри они проникают.
Также палящей жары или холода нам не приметить
Зреньем своим никогда, да и звук увидать невозможно.
Но это все обладает, однако, телесной природой,
Если способно оно приводить наши чувства в движенье:
Ведь осязать, как и быть осязаемым, тело лишь может.

И, наконец, на морском берегу, разбивающем волны,
Платье сыреет всегда, а на солнце вися, оно сохнет;
Видеть, однако, нельзя, как влага на нем оседает,
Да и не видно того, как она исчезает от зноя.
Значит, дробится вода на такие мельчайшие части,
Что недоступны они совершенно для нашего глаза.

---

[1] Лукреций. О природе вещей. М., 1958, с. 33—34.

Так и кольцо изнутри, что долгое время на пальце
Носится, из году в год становится тоньше и тоньше;
Капля за каплей долбит, упадая, скалу; искривленный
Плуга железный сошник незаметно стирается в почве;
И мостовую дорог, мощенную камнями, видим

Стертой ногами толпы; и правые руки у статуй
Бронзовых возле ворот городских постепенно худеют
От припадания к ним проходящего мимо народа.
Нам очевидно, что вещь от стиранья становится меньше,
Но отделение тел, из нее каждый миг уходящих,
Нашим глазам усмотреть запретила природа ревниво.

Таким образом, древние ученые высказали многое из современных представлений о строении вещества. В ту пору их высказывания являлись, конечно, лишь гениальными догадками, основанными на наблюдениях, но не подтвержденными никакими экспериментальными фактами.

МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ ЛОМОНОСОВ

Использован материал книги
«Ломоносов в портретах, иллюстрациях, документах».
Сост. В. Л. Ченакал

Если внимательно посмотреть назад, то станет ясно, что многие краеугольные камни успехов нашей науки были заложены в прошлом именно Ломоносовым. Вот почему Ломоносов — знамя нашей культуры, живой образ славного культурного прошлого великой русской науки.

С. И. Вавилов

В России развитие идей древних ученых о внутреннем строении вещества продолжил М. В. Ломоносов.

Родиной Ломоносова был Беломорский край, нынешняя Архангельская область.

Поздней осенью 1711 г. в семье крестьянина деревни Мишанинской Василия Дорофеевича Ломоносова родился сын Михайло — будущий великий ученый.

Прошедшие с тех пор годы унесли с собой многие подробности юности Михаила Васильевича Ломоносова. Из рассказов его современников и воспоминаний самого Ломоносова стало из-



Михаил Васильевич Ломоносов (1711—1765) — великий русский ученый-энциклопедист, открытия которого обогатили многие отрасли знаний, а выдвинутые им идеи далеко опередили науку своего времени; поэт, заложивший основы современного русского литературного языка; художник, историк, поборник отечественного просвещения, развития русской науки и экономики. В 1755 г. по инициативе и по проекту М. В. Ломоносова был открыт Московский университет, ныне носящий его имя.

вестно, что он рано лишился матери и уже с десяти лет помогал отцу ловить в море рыбу.

Совершая с отцом далекие путешествия по Белому морю и Северному Ледовитому океану, мальчик наблюдал многие явления природы, объяснить которые окружавшие его люди не могли. На всю жизнь запомнились ему сказочно красивые северные сияния, ледяные горы, плавающие по беспредельной глади океана, и многое другое.

Рано научившись грамоте, Миша все свободное время проводил за чтением книг, которые ему удавалось достать в родной деревне. Случайно в его руках оказались две книги, открывшие перед ним мир науки: «Славянская грамматика» Милетия Смотрицкого и «Арифметика» Леонтия Магницкого. «Арифметика» Магницкого, изданная в Москве в 1703 г., представляла собой целую энциклопедию, в которую входили сведения из геометрии, физики, географии, астрономии, навигации.

Сильное желание овладеть наукой заставило юношу в декабре 1730 г. покинуть отчий дом и уйти в Москву. Там он надеялся обучиться всему тому, что его так к себе влекло и чего он не мог постичь у себя на родине. Ломоносов совершил путь от Холмогор до Москвы пешком, с тремя рублями в кармане, следуя за двигавшимся в Москву обозом с мороженой рыбой.

В первых числах января 1731 г. девятнадцатилетний юноша Ломоносов пришел в Москву. В это время столицей России был Петербург, однако Москва по-прежнему оставалась основным

культурным центром государства. Большинство имевшихся в стране учебных заведений находилось в Москве.

Ломоносову удалось поступить в Славяно-греко-латинскую академию, выдав себя за сына холмогорского дворянина, так как крестьянских детей туда не принимали.

В академии, наряду с прочими предметами, преподавали латинский язык, из-за которого юноша и пришел в это учебное заведение. Он знал, что, только изучив латынь, являвшуюся в то время международным научным языком, можно овладеть знаниями, которые к тому времени накопила наука.

Уже с первых дней пребывания в академии Ломоносов показал себя исключительно одаренным и усердным учеником. Пять лет продолжалось учение в академии. Много лишений и трудностей перенес юноша за это время. «...Несказанная бедность: имея один алтын (три копейки) в день жалованья, нельзя было иметь на пропитание в день больше как на денежку хлеба и на денежку квасу, прочее на бумагу, на обувь и другие нужды. Таким образом жил я пять лет и наук не оставил»,— писал позже Ломоносов.

В ноябре 1735 г. Славяно-греко-латинская академия получила распоряжение Сената выбрать 20 наиболее способных учеников и направить их в Петербург для обучения в гимназии, которая незадолго до этого была открыта при Академии наук.

Первого января 1736 г. Ломоносов прибыл в Петербург, а в августе того же года по распоряжению президента Академии наук был послан в Германию для продолжения образования и изучения горного дела, химии и металлургии.

В Германии в течение двух с половиной лет Ломоносов учился у известного в то время ученого Христиана Вольфа. За это время Михаил Васильевич основательно изучил математику и механику, физику и химию, немецкий и французский языки и ряд других общеобразовательных предметов.

Через несколько лет уже в России Ломоносов переводит на русский язык курс физики Христиана Вольфа. Это был первый учебник физики на русском языке. При выполнении перевода Ломоносов столкнулся с бедностью русского научного языка того времени. «Принужден был,— писал он в предисловии,— искать слов для наименования некоторых физических инструментов, действий и натуральных вещей, которые хотя сперва покажутся несколько странны, однако, надеюсь, что они со временем через употребления знакомее будут». Таким образом, он

явился основателем русской научной терминологии. Наш современный язык содержит очень много слов, впервые введенных Ломоносовым.

Вот некоторые из них: *термометр, формула, зажигательное стекло, поршень, упругость, сферический, атмосфера, барометр, манометр, преломление лучей, полюс магнита* и др. До Ломоносова этих слов в русском языке не было.

За границей Михаил Васильевич Ломоносов пробыл около пяти лет. Весной 1741 г. он получил разрешение Российской Академии наук на возвращение в Петербург и вернулся на Родину.

В Петербургской академии наук Ломоносов сразу же стал вести важные исследования, относящиеся к целому ряду естественных наук. С большим трудом ему удается создать первую в России научно-исследовательскую химическую лабораторию. Исследования, выполненные в лаборатории, позволили Ломоносову впервые в истории науки сформулировать важнейший закон природы — закон сохранения материи и движения: «Все встречающиеся в природе изменения происходят так, что если к чему-либо нечто прибавилось, то это отнимется у чего-то другого. Так, сколько материи прибавляется к какому-либо телу, столько же теряется у другого, сколько часов я затрачиваю на сон, столько же отнимаю от бодрствования, и т. д. Так как это всеобщий закон природы, то он распространяется и на правила движения: тело, которое своим толчком возбуждает другое к движению, столько же теряет от своего движения, сколько сообщает другому, им двинутому»[1].

Многие идеи Ломоносова более чем на сто лет опередили науку того времени. Так, например, он впервые разграничил понятия «корпускула» — *молекула* и «элемент» — *атом*, что нашло всеобщее признание только в середине XIX в. В 1745 г. в одной из своих статей Ломоносов писал: «Элемент есть часть тела, не состоящая из каких-либо других меньших и отличающихся от него тел. ...Корпускулы однородны, если состоят из одинакового числа одних и тех же элементов, соединенных одинаковым образом. ...Корпускулы разнородны, когда элементы их различны и соединены различным образом или в различном числе; от этого зависит бесконечное разнообразие тел...»[2].

---

[1] Ломоносов М. В. Полн. собр. соч. М.—Л., 1951, т. II, с. 183.

[2] Ломоносов М. В. Полн. собр. соч. М.—Л., 1950, т. I, с. 79—81.

Если в этом отрывке заменить слова *тело, корпускула, элемент* на принятые в настоящее время — *вещество, молекула, атом,* то мы прочтем вполне современное объяснение причины большого разнообразия веществ.

Ломоносов доказал также, что тепловые явления обусловлены движением материальных частиц. В труде «Опыт теории упругости воздуха» он объяснил упругость газов движением их частиц.

Много занимался ученый исследованиями атмосферного электричества. Он установил ряд закономерностей, присущих электрическим явлениям, а также придумал и изготовил приспособление для регистрации электрических разрядов. При изучении атмосферного электричества Ломоносов заинтересовался метеорологией и многое сделал для развития этой науки. Им были сконструированы: прибор для определения скорости и направления ветра, термометры и барометры новых конструкций. Он построил первую в истории науки автоматическую метеорологическую станцию, регистрирующую показания приборов без участия наблюдателя.

В 1754 г. Ломоносов изобрел и построил «аэродинамическую машину», с помощью которой можно было поднимать на большую высоту термометры и другие приборы. Эта машина, снабженная вертикальным воздушным винтом, была первым в мире вертолетом.

С не меньшим увлечением занимался Ломоносов изучением световых явлений. В 1756 г. он сконструировал зрительную трубу, с помощью которой можно было рассматривать удаленные предметы при недостаточном их освещении. Этот инструмент, названный ученым «ночезрительной трубой», был заново сконструирован и получил широкое распространение только в наше время.

В 1755 г. в Москве по проекту Ломоносова был сооружен и открыт первый в нашей стране университет, который сейчас носит его имя.

До конца жизни М. В. Ломоносов был в центре научной деятельности. Умер он в 1765 г.

Мы рассказали лишь о немногих сторонах деятельности великого ученого. О многообразии его интересов и исследований прекрасно сказал А. С. Пушкин:

«Соединяя необыкновенную силу воли с необыкновенною силою понятия, Ломоносов обнял все отрасли просвещения.

Жажда науки была сильнейшей страстью сей души, исполненной страстей. Историк, ритор[1], механик, химик, минеролог, художник и стихотворец, он все испытал и все проник...»[2].

ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ БРОУНОВСКОГО ДВИЖЕНИЯ

По рассказу А. Томилина «Загадка нескольких поколений»

К числу опытных подтверждений молекулярной теории относится явление, которое впервые наблюдал английский ботаник Роберт Броун, рассматривая в микроскоп пыльцу растений.

...Началась эта история в 1827 г. Почтенный хранитель ботанического отделения Британского музея мистер Роберт Броун оторвал глаз от окуляра микроскопа и то ли с досадой, то ли с удовлетворением констатировал: «Опять то же!» В ярко освещенном поле зрения прибора взад и вперед сновали темные точки. Те, что покрупнее, двигались медленнее, не спеша меняли направление. Более мелкие — прыгали беспорядочно, случайно, бросаясь из стороны в сторону.

Ученый ботаник задумался: «Почему?» Всего час назад собрал он последний раз пыльцу со своих цветов, размешал в воде и капнул капельку на предметное стеклышко микроскопа. Но час — шестьдесят минут. Три тысячи шестьсот секунд — время вполне достаточное, чтобы частицы успокоились. А они по-прежнему мечутся. «Почему? А вдруг...» Невозмутимый шотландец взволнованно встает из-за стола и начинает ходить по просторному кабинету. Куда девалось хладнокровие. «А вдруг... Вдруг они живые?..». Но как убедиться в этом? Даже в лучший микроскоп не разглядеть подробностей строения частичек цветочной пыльцы. И тут его озаряет идея. Простая, как все гениальное. Почтенный ученый опрометью кинулся из кабинета...

...Зажав в кулаке комочки глины, заторопился обратно. Всю дорогу повторял он про себя условия эксперимента. «Глина — мертва. Мертва! В этом не усомнится никто! Значит, ее частички, размешанные в воде, тоже будут мертвыми частичками. И если они останутся неподвижными под микроскопом...» Как он взволнован. Как торопится он в кабинет...

---

[1] *Ритор* — оратор в Древней Греции и Риме

[2] Пушкин А. С. Полн. собр. соч. М., 1964, т. 5, с. 18.

Руки Броуна дрожат от нетерпения, пока пальцы подкручивают микрометрический винт. Вот показались сначала тени частиц... Есть!

«В ярко освещенном поле зрения прибора взад и вперед сновали темные точки. Те, что покрупнее, двигались медленнее, не спеша меняли направление. Более мелкие — прыгали беспорядочно, случайно, бросаясь из стороны в сторону».

Не волнуйтесь. Эти строчки попали сюда из начала рассказа не случайно и не по ошибке наборщика. Просто все повторилось точно так же, как и в прошлый раз. Частицы мертвой глины не уступали в резвости цветочной пыльце. И снова тот же вопрос: «Почему? Почему они движутся?»

Броун был настоящим ученым и, столкнувшись с непонятным, добросовестно исследовал открытое явление. Он обнаружил, что в горячей воде частицы движутся быстрее, чем в холодной. Убедился в том, что путь их абсолютно случаен и не зависит от лондонских кебов, громыхающих по мостовой. Чтобы убедиться в этом, он потратил немало времени, наблюдая ту же картину в сельской тиши... Он сделал все, что мог, и снова принялся за исследования клеток растений. Это было для него куда интересней.

Всю свою жизнь Роберт Броун был уверен, что его след останется в истории благодаря ботаническим заслугам. Но... едва ли это не единственный ботаник, прочно вошедший в историю физики.

ИЗУЧЕНИЕ И ОБЪЯСНЕНИЕ БРОУНОВСКОГО ДВИЖЕНИЯ

Отрывок из книги Ж. Перрена «Атомы»

Полное объяснение явлению, открытому Броуном, дал французский физик Жан Перрен. В книге «Атомы» он писал:

Движение молекул ускользает от нашего непосредственного восприятия, как легкая зыбь на поверхности моря для наблюдателя, находящегося на очень далеком расстоянии. Однако если в поле зрения того же наблюдателя видна лодка, то он заметит, что она покачивается на воде; это указывает ему на то, что на море есть легкое волнение, о котором он и не подозревал. Нельзя ли надеяться, что какие-нибудь маленькие частички внутри жидкости, доступные наблюдению в микроскоп, будут настолько малы, что мы подметим их движение, приобретаемое вследствие подталкивания их ударами молекул?



Жан Батист Перрен (1870—1942) — французский физик и физико-химик, работы которого посвящены исследованию рентгеновских лучей, проводимости газов, радиоактивности, атомной физике, акустике и др. В 1908—1913 гг. осуществил цикл экспериментальных исследований броуновского движения и окончательно доказал реальность существования молекул.

Эти соображения привели к открытию замечательного явления, наблюдаемого под микроскопом, которое позволило нам очень глубоко заглянуть в свойства жидкого состояния.

Наблюдая жидкость, как обычно, мы видим, что все части жидкости находятся в состоянии равновесия. Если в жидкость поместить предмет, имеющий бо́льшую плотность, чем жидкость, то он в ней тонет; если предмет шарообразен, то он опускается в жидкости строго вертикально и, достигнув дна сосуда, не обнаруживает никакого стремления подняться сам собой.

К этим представлениям мы привыкли, и тем не менее они правильны до тех пор, пока размеры тел достаточно большие. Но стоит взглянуть в микроскоп на маленькие частички, «взвешенные» в воде, и окажется, что они вовсе не падают вертикально, а движутся весьма оживленно и совершенно беспорядочно. Такая частичка идет то туда, то сюда, вертится, поднимается кверху, опускается, снова идет кверху, нисколько не стремясь к покою. Это и есть б р о у н о в с к о е д в и ж е н и е, называемое так в честь английского ботаника Б р о у н а, который первый подметил такое движение.

Это замечательное открытие в то время привлекло к себе мало внимания. Можно думать, что физики, слышавшие об этом движении, сопоставляли его с движением пылинок, которые танцуют в солнечном луче под действием токов воздуха, происходящих от небольших неравенств температуры и давления. Но в таком случае соседние частички движутся все в одном направлении и в общих чертах как бы рисуют нам форму этих воздушных по-

токов. Однако если наблюдать хотя бы несколько минут броуновское движение, то нельзя не заметить, что движения двух частичек совершенно независимы друг от друга.

Это движение не может быть вызвано и колебаниями самого стекла, на котором находится наблюдаемая нами капелька, так как тогда, когда мы дадим стеклышку толчок, то тут же обнаруживаются массовые течения частичек, которые сейчас же можно различить и которые накладываются на неправильные движения частичек. Броуновское движение обнаруживается одинаково как при наблюдении на неподвижной подставке ночью в деревне, так и днем в городе на столе, который беспрестанно трясется, отзываясь на движение тяжелых экипажей.

Описанное явление наблюдается не только в воде, но и в других жидкостях, притом движение это будет тем оживленнее, чем меньше вязкость этой жидкости. Например, его едва удается подметить в глицерине, а в газах оно, наоборот, чрезвычайно оживлено.

В данной жидкости движение зависит от размера зернышек, и оно тем быстрее, чем зернышки взвешенного вещества меньше. Это свойство было отмечено уже самим Броуном почти в первый момент его открытия. Что же касается их природы (того, из чего состоят зернышки), то это имеет весьма малое влияние, если только вообще такое влияние есть.

Наконец — и это особенно странная и непривычная черта явления — броуновское движение никогда не останавливается. Внутри закрытой со всех сторон кюветы (во избежание испарения) его можно наблюдать днями, месяцами, годами. Оно обнаруживается в жидких включениях, встречающихся в кварце, которым тысячи лет. Оно вечно и самопроизвольно.

Все эти обстоятельства заставили физиков признать, что это движение не может иметь причин ни в самих частичках, ни во внешних воздействиях на жидкость, а должно быть отнесено за счет внутренних движений, которым тем охотнее следуют частицы, чем они меньше.

Кажущийся покой есть только иллюзия, зависящая от несовершенства наших органов чувств, а на самом деле существует определенный установившийся режим быстрых и беспорядочных движений.

Вот к какому заключению приводит нас молекулярная гипотеза, и как будто бы именно броуновское движение дает ей то окончательное подтверждение, которое мы ожидали. Всякая

частица материи, помещенная в жидкость, получает толчки от ее молекул, непрерывно ударяющихся о частичку; эти толчки, вообще говоря, не вполне взаимно уравновешиваются, поэтому частичка и должна двигаться то туда, то сюда.

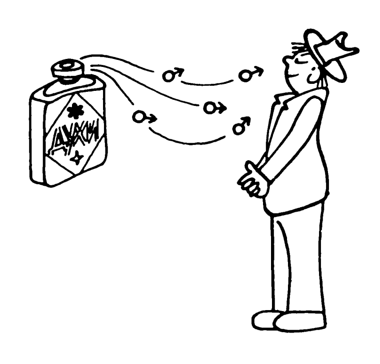
Кроме качественного объяснения броуновского движения, Жан Перрен, исследуя это явление, проделал количественные расчеты. В частности, он вычислил размеры молекул. Его результаты совпали со значением размеров молекул, полученных другими способами. Это явилось окончательным подтверждением реальности существования и движения молекул.

ДИФФУЗИЯ В МЕТАЛЛАХ

По статье Б. Кулитти «Диффузия в металлах»

> Физика переводит технику из области случайных находок на рациональную, сознательную и количественную дорогу.
>
> *С. И. Вавилов*

Кроме броуновского движения, опытным доказательством того, что тела состоят из молекул, которые находятся в непрерывном беспорядочном движении, является *диффузия*. Диффузия имеет большое значение в жизни человека, животных и растений. Получила применение она и в технике. С одним из таких применений диффузии в технике вы ознакомитесь в приведенном ниже отрывке из статьи английского физика Б. Кулитти «Диффузия в металлах».



Запах духов, как известно, ощущается на довольно большом расстоянии.

Запах духов, как известно, ощущается на довольно большом расстоянии. Объясняется это тем, что их пары легко диффундируют в воздухе. Капли жидкого красителя в воде легко диффундируют по всему сосуду. Намного труднее наблюдать диффузию в твердом теле. По этой причине изучением диффузии в твердых телах стали заниматься позднее.

Как и во многих других областях человеческой деятельности,

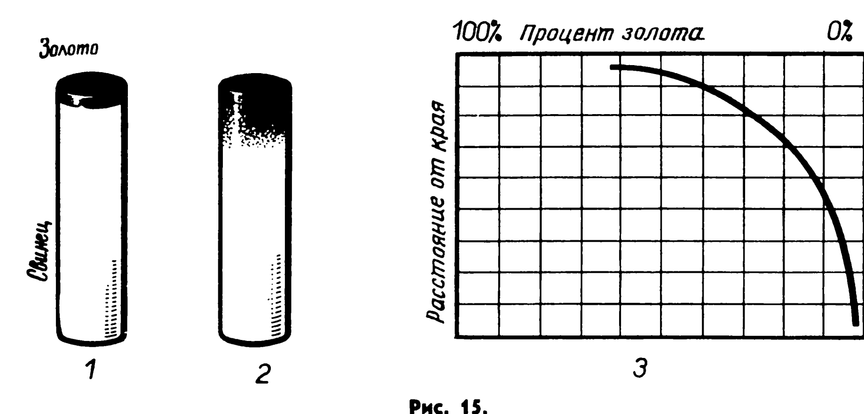


Рис. 15.
1 — свинцовый цилиндр с напаянной золотой пластинкой; 2 — тот же цилиндр в конце опыта; 3 — график, показывающий изменение концентрации золота в цилиндре в зависимости от расстояния до края.

в данном случае умение предшествовало знанию. Столетиями рабочие сваривали металлы и получали сталь, нагревая твердое железо в атмосфере углерода. При этом они не имели ни малейшего представления о происходящих диффузионных процессах. Лишь в 1896 г. началось научное изучение этой проблемы.

Английский металлург Вильям Робертс-Аустин в простом эксперименте измерил диффузию золота в свинце. Он наплавил тонкий диск золота на конец цилиндра из чистого свинца длиной 1 дюйм (2,54 см) (рис. 15), поместил этот цилиндр в печь, где поддерживалась температура около 200 °C, и держал его в печи 10 дней. Затем разрéзал цилиндр на тонкие диски и измерил массу золота, которое продиффундировало в каждый срез свинца.

Оказалось, что к «чистому» концу через весь цилиндр прошла вполне измеримая масса золота; в противоположном направлении в глубь золотого диска продиффундировал свинец. Робертс-Аустин обнаружил, что нагретый металл диффундирует в другой, когда они тесно прижаты друг к другу. С точки зрения атомного строения вещества проницаемость твердых тел вполне объяснима. В настоящее время мы хорошо представляем себе, что даже наиболее твердое тело — всего лишь довольно слабо связанный набор атомов. В кристаллах, образующих металл, атомы (ионы, молекулы) располагаются в строго определенном порядке. Такое расположение атомов в кристаллах образует кристаллическую решетку. Однако идеальных и полностью застроенных решеток не существует. В них всегда имеются пустые места,

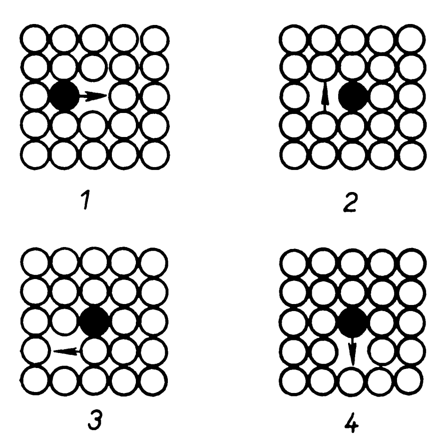


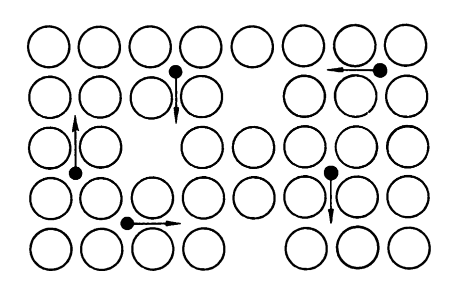
Рис. 16

которые носят название *вакансий* или *дырок*, в которые могут переходить диффундирующие атомы. Заняв вакансию, атом оставляет после себя новую вакансию. В нее может перейти соседний атом; итак, путем непрерывных перемещений атом может пройти через кристалл.

Рисунок 16 иллюстрирует, каким образом золото (черный кружок) может диффундировать в кристалле свинца. Переход атома золота из положения *1* в положение *4* возможен при наличии всего лишь одной вакансии в решетке свинца.

Что же заставляет атом покидать свое место в решетке и «перескакивать» в вакансию? Дело в том, что атомы непрерывно колеблются относительно некоторого среднего положения. Время от времени они настолько далеко отходят от своего положения равновесия, что могут перескочить в соседнее вакантное место. Возможность этого, безусловно, резко возрастает, если мы нагреваем тело, заставляя тем самым атомы совершать более сильные колебания. Таким образом, скорость диффузии очень быстро возрастает с повышением температуры. Например, цинк диффундирует в медь при температуре 300 °С почти в 100 миллионов раз быстрее, чем при комнатной температуре.

В эксперименте Робертса-Аустина атомы золота при температуре 200 °С колебались достаточно быстро, чтобы начать перескакивать в вакансии решетки (то же имело место и для атомов свинца). В конце концов, если бы эксперимент продолжался очень долго, атомы золота равномерно распределялись бы по всему свинцовому цилиндру...


Рис. 17

Металл может диффундировать в другой металл лишь при наличии вакансий в кристаллических решетках, поскольку атомы даже двух разных металлов имеют размеры пример-

но одного и того же порядка. Однако атомы неметаллического элемента, размеры которых много меньше, чем размеры атомов металла, могут «втиснуться» между атомами в металлическом кристалле. При этом диффузия не зависит от вакансий и, следовательно, происходит намного быстрее. Одним из наиболее важных примеров такого случая может служить диффузия углерода в железе (рис. 17).

Сталь представляет собой сплав углерода и железа. Свойства стали меняются в зависимости от содержания в сплаве углерода. Сталь с небольшим содержанием углерода (например, около одной четверти процента) не очень прочна и хорошо куется. Повышение содержания углерода делает сталь более прочной, но более хрупкой. Такая деталь машины, как передаточный механизм, должна обладать твердой поверхностью, чтобы сопротивляться износу, и быть достаточно упругой в своих внутренних частях, чтобы не сломаться при внезапных ударах. Эти свойства приобретаются в следующем процессе. Кусок металла разогревают и выдерживают в газе, богатом углеродом, например в метане. Атомы углерода диффундируют в сталь. Через несколько часов они проникают на глубину около одной двенадцатой дюйма (примерно на 2 мм). Поверхность или «оболочка» этого куска стали после такой обработки содержит около 1,2% углерода, тогда как внутренняя его часть содержит всего лишь 0,25% углерода.

Задание 1

Явление диффузии можно пронаблюдать дома, имея крепкий чай и воду.

В тонкостенный стакан с водой с помощью пипетки опустите на дно несколько капель крепкого чая. Через некоторое время чай окрасит воду во всем стакане.

Взяв два стакана — с холодной и горячей водой, выясните зависимость скорости диффузии от температуры.

Задание 2

Вместе с товарищем проделайте опыт.

Возьмите часы с секундной стрелкой, кусок шпагата, линейку (или рулетку), флакон духов и встаньте в разные углы комнаты.

Пусть ваш товарищ заметит время и откроет флакон. Вы отметьте время, когда почувствуете запах духов. Измерьте расстояние между вами и найдите скорость диффузии. (Опыт по-

вторите не менее трех раз и найдите среднее значение скорости.)

Сравните скорость диффузии со средней скоростью движения молекул газа при комнатной температуре. Как можно объяснить разницу?

ДИФФУЗИЯ ОБЕСПЕЧИВАЕТ БЕЗОПАСНОСТЬ

По книге Е. Н. Соколовой «Простой физический опыт»

Природный горючий газ, которым мы пользуемся дома для приготовления пищи, не имеет ни цвета, ни запаха. Поэтому трудно было бы сразу заметить утечку газа. А при утечке за счет диффузии газ распространяется по всему помещению. Между тем при определенном соотношении газа с воздухом в закрытом помещении образуется смесь, которая может взорваться, например, от зажженной спички. Газ может вызвать и отравление.

Чтобы сделать поступление газа в помещение заметным, на распределительных станциях горючий газ предварительно смешивают с особыми веществами, обладающими резким неприятным запахом, который легко ощущается человеком даже при весьма малой его концентрации. Такая мера предосторожности позволяет быстро заметить накопление газа в помещении, если образовалась утечка.

КАК ИЗМЕРИТЬ МОЛЕКУЛУ?

По статье Н. А. Родиной «Как измерить молекулу»

Наш рассказ будет посвящен определению размеров молекул.

Можно ли вообразить себе, насколько малы эти размеры? Можно ли, например, показать при помощи пальцев расстояние между молекулами газов, входящих в состав воздуха, которые примерно в 10 раз больше диаметра самих молекул?

Размеры молекул были определены во многих опытах. Опишем один из них, этот опыт провел около 60 лет назад английский ученый Роберт Рэлей.

В чистый широкий сосуд налили воду и на ее поверхность поместили каплю оливкового масла. Капля растеклась по поверхности воды и образовала круглую пленку. Постепенно площадь пленки увеличивалась, но затем растекание прекратилось и площадь перестала изменяться. Рэлей предположил, что молекулы расположились в один ряд, т. е. толщина пленки стала равна

как раз размеру одной молекулы, и решил определить ее толщину. При этом, конечно, нужно учесть, что объем пленки равен объему капли.

По тем данным, которые были получены в опыте Рэлея, рассчитаем толщину пленки и узнаем, чему равен линейный размер молекулы масла. Капля имела объем 0,0009 см^3, а площадь пленки, образовавшейся из капли, была равна 5500 см^2. Отсюда толщина пленки

$$d = \frac{V}{S} = \frac{0{,}0009\ \text{см}^3}{5500\ \text{см}^2} = 0{,}000\,000\,16\ \text{см}.$$

Многочисленные опыты показали, что молекулы разных веществ отличаются по размерам. Но когда хотят оценить диаметр молекул (если принять, что они имеют форму шариков), то берут величину 0,000 000 01 см.

Можно ли представить себе частицу, имеющую такие размеры?

Посмотрите на фотографию головки обыкновенной комнатной мухи, сделанную при сильном увеличении (рис. 18). По бокам головки вы видите глаза, они состоят из отдельных элементов, называемых *фасетками*. На фотографии каждая фасетка имеет диаметр примерно 1 мм. А теперь посмотрите на рисунок, где

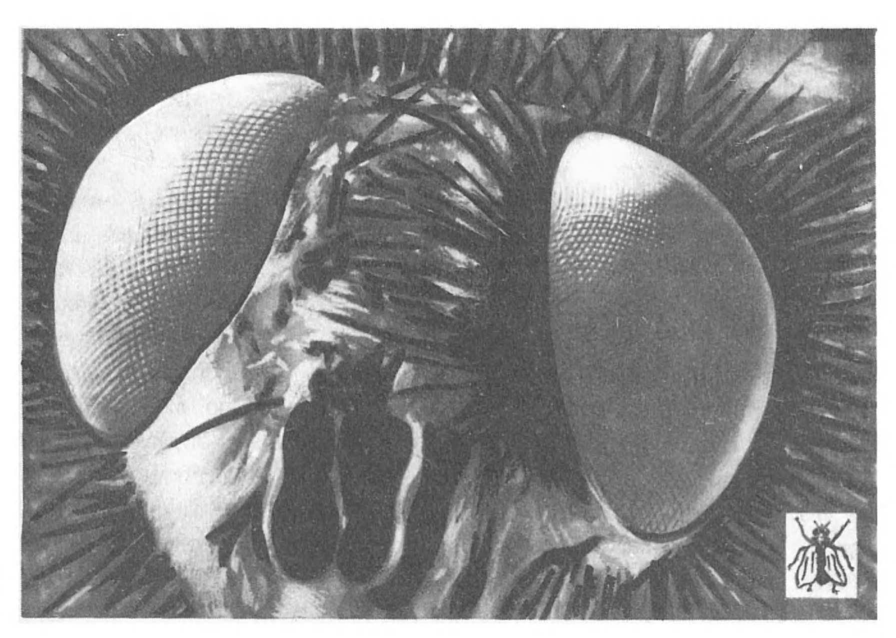


Рис. 18.

Фотография головки обыкновенной мухи при сильном увеличении.

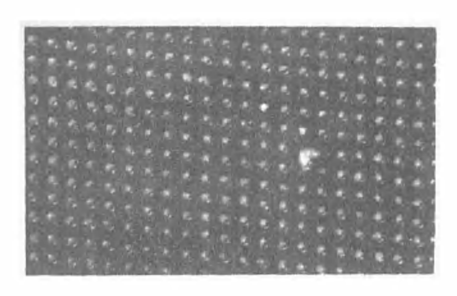


Рис. 19.
Фотография молекулы белка.

муха изображена в натуральную величину. Весь глаз мухи имеет диаметр меньший, чем 1 мм. Теперь постарайтесь представить себе натуральные размеры каждой фасетки глаза. Так вот, молекула примерно в 1 000 000 раз меньше такой фасетки!

Конечно, такую частицу нельзя увидеть невооруженным глазом, но при помощи специальных (электронных) микроскопов можно увидеть и даже сфотографировать наиболее крупные молекулы.

На фотографии (рис. 19) вы видите молекулы белка, диаметр которых примерно в 100 раз больше, чем у молекулы воды. Зная, что фотография сделана при увеличении 73 000 раз, попробуйте примерно оценить диаметр молекулы белка. (Вспомните, как вы выполняли лабораторную работу по определению размеров маленьких тел.)

И наконец, советуем вам самим проделать опыт по определению размеров молекул масла. Конечно, повторить опыт Рэлея трудно, так как для этого нужно иметь специальный сорт масла и сделать точные измерения. И все же попробуйте! Наградой вам будет сознание, что вы определили величину, которая сравнима с размерами молекул.

Для опыта удобно воспользоваться чистым машинным маслом. Сначала определите объем одной капли масла. Придумайте сами, как это сделать при помощи пипетки (капельницы) и мензурки (можно воспользоваться мензуркой, которой отмеривают лекарства).

Налейте в тарелку воды и на ее поверхность поместите (конечно, при помощи той же самой пипетки!) каплю масла. Когда капля растечется, измерьте диаметр пленки линейкой, положив ее на края тарелки. Если поверхность пленки не будет иметь форму круга, то или подождите, когда она примет такую форму, или сделайте несколько измерений и определите ее средний диаметр. Затем вычислите площадь пленки и ее толщину.

Какое число вы получили? Во сколько раз оно отличается от действительных размеров молекулы масла (0,000 000 2 см)?

Глава III

ДВИЖЕНИЕ И СИЛЫ

> ...Пока мы не знаем закона природы, он, существуя и действуя помимо, вне нашего познания, делает нас рабами «слепой необходимости». Раз мы узнали этот закон, действующий (как тысячи раз повторял Маркс) *независимо* от нашей воли и от нашего сознания,— мы господа природы.
>
> *В. И. Ленин*

КАК БЫСТРО МЫ ДВИЖЕМСЯ?

По книге Я. И. Перельмана «Занимательная физика», кн. 1

Спортивную дистанцию 1,5 км хороший бегун пробегает примерно за 3 мин 50 с (мировой рекорд на 1 октября 1983 г.— 3 мин 30,8 с для мужчин). Для сравнения с обычной скоростью пешехода — 1,5 м/с — надо вычислить скорость спортсмена, и тогда вы убедитесь, что спортсмен пробегает примерно 7 м в одну секунду.

Интересно сравнить нормальную ходьбу человека со скоростью таких медлительных животных, как улитка и черепаха. Улитка вполне оправдывает репутацию, приписываемую ей поговоркой: ее скорость 1,5 мм/с, или 5,4 м/ч, т. е. скорость ее в тысячу раз меньше скорости пешехода. Другое медленное животное — черепаха движется со скоростью 70 м/ч.

Проворный по сравнению с улиткой и черепахой человек предстанет перед нами в ином свете, если сопоставить его движение с другими, даже не очень быстрыми движениями в окружающей природе. Правда, человек легко перегоняет течение воды в большинстве равнинных рек и ненамного отстает от умеренного ветра.

Умеренного... Но скорость ветра может меняться в больших пределах, и во многих случаях человек «не догонит ветер». Пользуясь представленной ниже таблицей, вы по наблюдаемым действиям ветра сможете примерно оценить его скорость.

Подобную условную шкалу разработал в 1806 г. английский адмирал Ф. Бофорт. В 1963 г. Всемирная метеорологическая организация уточнила шкалу Бофорта. Эти уточненные сведения и цифры приведены в таблице.

Сила ветра в баллах	Характеристика	Признаки для оценки скорости ветра	Скорость ветра в м/с
0	Штиль	Полное отсутствие ветра. Дым из труб поднимается вертикально. Море зеркально-гладкое	0—0,2
1	Тихий	Ветер еще не приводит в движение флюгер, но уже относит дым. На море появляется рябь, но пены на гребнях нет	0,3—1,5
2	Легкий	Ветер ощущается лицом. Шелестят листья. Флюгер приходит в движение. Гребни на волнах не опрокидываются	1,6—3,3
3	Слабый	Непрестанно колышутся листья и тонкие ветви деревьев. Развеваются легкие флаги. Гребни волн, уже хорошо выраженные, опрокидываясь, образуют стекловидную пену. Изредка возникают маленькие белые барашки	3,4—5,4
4	Умеренный	Ветер поднимает пыль и бумажки, приводит в движение тонкие ветви деревьев. Волны на море удлиненные, белые барашки видны во многих местах	5,5—7,9
5	Свежий	Качаются тонкие стволы деревьев. Волны на море еще не очень крупные, но повсюду видны белые барашки	8—10,7
6	Сильный	Качаются толстые сучья. Гудят телеграфные провода. Образуются крупные волны. Белые пенистые гребни занимают значительные площади	10,8—13,8
7	Крепкий	Качаются стволы деревьев. Идти против ветра трудно. Волны громоздятся, гребни срываются, пена ложится полосами по ветру	13,9—17,1
8	Очень крепкий	Ветер ломает сучья деревьев, идти против ветра очень трудно. Волны на море умеренно высокие, длинные. По краям гребней начинают взлетать брызги	17,2—20,7
9	Шторм	Ветер срывает черепицу и дымовые колпаки. Волны на море высокие. Пена широкими плотными полосами ложится по ветру. Гребни волн опрокидываются и рассыпаются в брызги, ухудшая видимость	20,8—24,4

Сила ветра в баллах	Характеристика	Признаки для оценки скорости ветра	Скорость ветра в м/с
10	Сильный шторм	Ветер разрушает строения, с корнем вырывает деревья. Волны очень высокие с загибающимися вниз гребнями. Сильный грохот волн подобен ударам. Поверхность моря белая от пены, которую ветер выдувает большими хлопьями. Видимость на море плохая	24,5—28,4
11	Жестокий шторм	Волны на море настолько высоки, что суда небольшого и среднего размера временами скрываются из вида. Края волн повсюду сдуваются в пену. На суше столь сильный ветер наблюдается редко	28,5—32,6
12	Ураган	Море все покрыто полосами пены. Воздух наполнен брызгами и пеной. Видимость очень плохая	32,74

Резкое кратковременное усиление ветра до 20 м/с и более называется *шквалом*.

Человек способен «перегнать ветер», но с мухой, пролетающей 5 м в секунду, он может состязаться разве только на лыжах, а зайца или охотничью собаку не перегонит даже на лошади карьером. (Скорость, с которой бежит заяц,— 16,7 м/с, а охотничья собака — 18 м/с.)

По суше, воздуху и воде человеку помогают перемещаться изобретенные им машины. Они делают его самым быстрым в природе. И одна из основных задач конструкторов — увеличение скорости транспорта.

Первые отечественные автомобили АМО-Ф-15 развивали максимальную скорость 42—43 км/ч. Современные легковые автомобили марки «Москвич-2140» развивают скорость до 142 км/ч, «Волга» (ГАЗ-24) — до 147 км/ч, «Жигули» (ВАЗ-2107) — до 152 км/ч, ЗИЛ-117 — до 200 км/ч. Первые пароходы имели скорость около 10 км/ч. А сейчас по рекам СССР мчатся теплоходы на подводных крыльях со скоростью более 70 км/ч.

На суше человек может двигаться еще быстрее, чем на воде: на некоторых участках железнодорожного пути скорость движения пассажирских поездов в СССР достигает 120—160 км/ч.

В 1984 г. между Москвой и Ленинградом начал курсировать поезд ЭР-200, скорость которого достигает 200 км/ч.

Эти скорости далеко превзошла современная авиация. На многих линиях гражданского воздушного флота СССР летают самолеты Ил-62. Средняя скорость их полета — около 800 км/ч.

Аппараты, создаваемые человеком, могут достигать и еще бóльших скоростей. Первый искусственный спутник Земли был запущен с начальной скоростью около 8 км/с. Советские космические ракеты, стартовавшие в сторону Марса и Венеры, превысили вторую космическую скорость, составляющую у поверхности Земли 11,2 км/с.

Задание 3

Рассчитайте среднюю скорость спортсменов на каждой дистанции (с точностью до 0,1 м/с); проследите, как она меняется при увеличении дистанции.

Как вы думаете, чем вызвано это изменение?

Мировые рекорды по бегу (на 1 января 1985 г.)

Дистанция, м	Время, показанное на дистанциях	
	Мужчины	Женщины
100	9,93 с	10,76 с
200	19,72 с	21,71 с
400	43,86 с	47,99 с
800	1 мин 41,73 с	1 мин 53,28 с
1 500	3 мин 30,77 с	3 мин 52,47 с
5 000	13 мин 0,42 с	14 мин 58,89 с
10 000	27 мин 13,81 с	31 мин 13,78 с
42 195 (марафонский бег)[1]	2 ч 8 мин 0,05 с	2 ч 22 мин 43,00 с

[1] Это расстояние от местечка Марафон до столицы Греции.

Задание 4

На рисунке 20 изображен один из возможных вариантов конструкции прибора для определения скорости ветра. Объясните, как действует такой прибор. Изготовьте его. Проверьте действие этого прибора (от ветра, от воздушного потока вентилятора или пылесоса).

Интересно знать

По преданию, после Марафонской битвы (490 г. до н. э.) греческий воин-гонец нес в Афины весть о победе греков над персами. Прибежав, он сообщил о победе и упал замертво. В память об этом событии в соревнования по легкой атлетике включена дистанция 42 км 195 м.

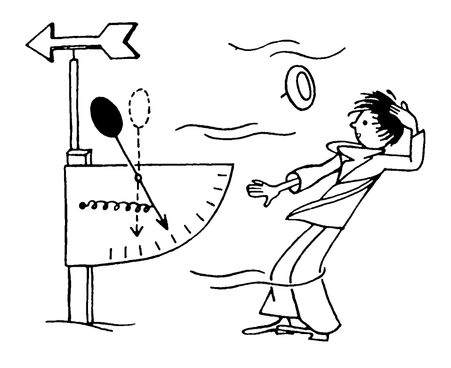


Рис. 20.
Прибор для определения скорости ветра.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСА ВЛАГИ

По книге М. Я. Куприна
«Юным сельским физикам»

Для определения влаги, которую получит почва весной при таянии снега, необходимо знать массу снега на полях. Вычислить ее, как вам известно, можно по формуле

$$m = \rho V,$$

т. е. зная объем тела и плотность вещества.

Объем снега на выбранном участке рассчитать легко, измерив ширину, длину и высоту слоя снега. А для определения плотности снега используют специальный прибор, называемый *плотномером*. Устроен он очень просто. Это фанерный ящик без крышки размером $10 \times 10 \times 60$ см (рис. 21), в нижней части которого находится заслонка. На одной из боковых сторон нанесена шкала в сантиметрах.

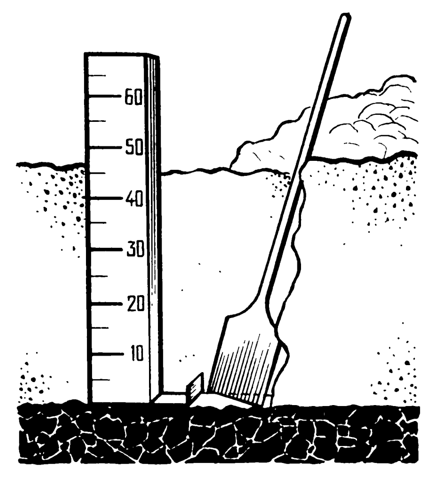


Рис. 21.
Плотномер.

Пробу снега берут на том участке, где нужно определить

запас влаги, поскольку плотность снега зависит от того, насколько он рыхлый или слежавшийся. Для этого заслонку открывают и плотномер вдавливают в снег до земли. Сбоку снег откапывают, заслонку закрывают и вынимают плотномер из снега. Затем определяют по шкале уровень снега в плотномере, а на весах массу снега.

Для примера вычислим плотность снега, если высота его в плотномере 30 см, а масса 600 г:

$$V = lsh,\ V = 10\ \text{см} \cdot 10\ \text{см} \cdot 30\ \text{см} = 3000\ \text{см}^3.$$

$$\rho = \frac{m}{V},\ \rho = \frac{600\ \text{г}}{3000\ \text{см}^3} = 0{,}2\frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 200\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Пользуясь найденным значением плотности снега, рассчитаем его массу на некотором участке, например на 1 га, при данной глубине снега (30 см).

$$S = 1\ \text{га} = 10\,000\ \text{м}^2,\ h = 30\ \text{см} = 0{,}3\ \text{м}.$$

$$V = Sh,\ V = 10\,000\ \text{м}^2 \cdot 0{,}3\ \text{м} = 3000\ \text{м}^3.$$

$$m = \rho V,\ m = 200\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 3000\ \text{м}^3 = 600\,000\ \text{кг} = 600\ \text{т}.$$

Для определения массы осадков, выпадающих в виде дождя, нужно иметь другой прибор, который называется *дождемером* (рис. 22).

Дождемер состоит из двух сосудов: внутреннего *а*, в который попадает влага от выпавшего дождя, и наружного *б*, служащего защитой от ветра. Внутренний сосуд имеет носик *d* для выливания воды. Площадь дна дождемера обычно равна 500 см^2 (или 200 см^2). Дождемер устанавливают на столбе *с*, высотой около 2 м.

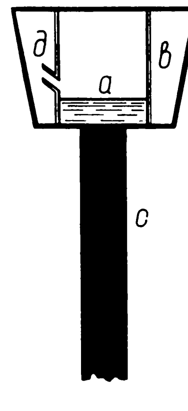


Рис. 22. Дождемер.

После дождя дождемер снимают и выливают собравшуюся в нем воду в специальную мензурку с ценой деления, равной 5 (или 2) мл. При такой градуировке каждому делению мензурки соответствует высота слоя воды в дождемере, а следовательно, и в поле, равная 0,1 мм (5 см^3 : 500 см^2 = 0,01 см = 0,1 мм).

Покажем на примере, как, пользуясь дождемером, определить массу воды, которая после дождя впитается в почву на площади 1 га.

Предположим, что в дождемер набралась вода объемом 15 мл; это значит, что высота слоя выпавших осадков составляет 0,3 мм (мы имеем

в виду дождемер с площадью дна 500 см^2, в этом случае высота столба воды в мензурке будет равна 3 делениям (15 мл:5 мл = = 3), а каждому делению соответствует высота слоя, равная 0,1 мм). Тогда на поверхность площадью 1 га выпала вода, объем которой

$$V = Sh,\ V = 10\,000\ \text{м}^2 \cdot 0{,}0003\ \text{м} = 3\ \text{м}^3.$$

Масса этой воды равна:

$$m = \rho V,\ m = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 3\ \text{м}^3 = 3000\ \text{кг} = 3\ \text{т}.$$

Дождемером можно определить и массу осадков, выпавших в виде снега, только снег нужно предварительно растопить.

Задание 5

Изготовьте плотномер и определите плотность снега на каком-либо участке. Рассчитайте запасы влаги на этом участке.

Задание 6

Пользуясь приведенной схемой, изготовьте дождемер. Для этого возьмите банку цилиндрической формы. Защитным сосудом может служить старое ведро. Если нет мензурки, ее можно сделать самим из цилиндрического сосуда. Для этого на его внешнюю сторону наклейте узкую полоску белой бумаги, на которую нанесите деления. Для градуировки возьмите в кабинете физики мензурку небольшой вместимости (на 10—15 см^3) с ценой деления 1 см^3. Наливая в нее воду объемом 1 см^3, переливайте ее в сосуд, отмечая уровень на полоске бумаги. Так вы получите мензурку с ценой деления 1 см^3. Такой способ градуировки прост, но требует много времени. Можно поступить по-другому. Налить в цилиндрический сосуд воды, например объемом 25 см^3, а затем разделить высоту столбика воды на 5 равных частей. В этом случае получается мензурка с ценой деления 5 см^3. Если каждое из полученных делений разделить на 5 равных частей, то цена деления сделанной вами мензурки будет 1 см^3.

Для определения высоты слоя выпавших осадков нужно знать их объем (это вы сделаете с помощью мензурки) и площадь дна дождемера (если дождемер изготовлен из сосуда цилиндрической формы, то площадь дна можно вычислить по формуле $S = \pi r^2$, где r — радиус круга дна, а $\pi = 3{,}14$).

Для примера определим высоту выпавших осадков, если ра-

диус круга (дна дождемера) 4 см, а после дождя объем воды в дождемере оказался равным 30 см³.

Площадь дна дождемера:

$$S = \pi r^2,\ S = 3{,}14 \cdot (4\ \text{см})^2 = 50{,}24\ \text{см}^2 \approx 50\ \text{см}^2.$$

Высота выпавших осадков:

$$h = \frac{V}{S},\ h = \frac{30\ \text{см}^3}{50\ \text{см}^2} = 0{,}6\ \text{см} = 6\ \text{мм}.$$

Определите высоту слоя осадков, выпавших в течение какого-либо промежутка времени, например в течение месяца.

Подсчитайте массу воды, которую при этом получил каждый квадратный метр почвы. Подумайте, как можно определить годовую массу осадков.

Задание 7

Рассчитайте среднюю плотность человеческого тела.

Чтобы вычислить плотность, нужно знать массу тела и объем. Свою массу вы можете определить на весах (можно воспользоваться весами, имеющимися в медицинском кабинете школы).

Объем тела можно довольно просто определить ... в ванне. Для этого достаточно воспользоваться фактом, который отметил еще Архимед: погрузившись полностью в ванну, вы вытесните по объему воды ровно столько, каков объем вашего тела (рис. 23).

Заметьте уровень воды в ванне до и после вашего погружения. Отметки можно сделать цветным мелком (он легко стирается), кусочком клейкой ленты (ее можно отклеить).

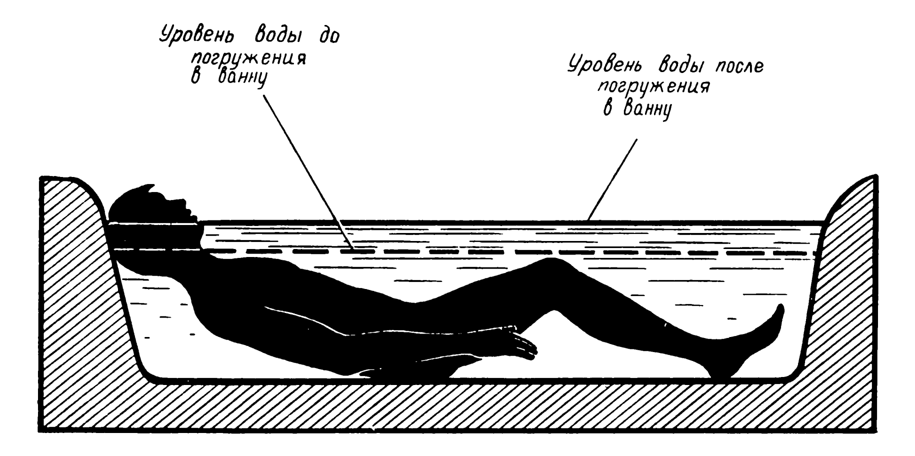


Рис. 23.
К определению объема тела.

Затем определите объем воды между этими двумя уровнями, подсчитав, например, сколько литровых или полулитровых банок воды необходимо вылить в ванну, чтобы вода поднялась от первого отмеченного вами уровня до второго. Можно сделать иначе: заметить по часам, за сколько времени струя воды из крана наполняет одну банку и сколько времени эта же струя воды будет наполнять ванну до отмеченного уровня. По этим данным вы рассчитаете объем вашего тела.

Как вы считаете, большой это объем или маленький? Для сравнения рассчитайте, чему будет равно ребро куба, равновеликого объему вашего тела.

Зная массу и объем тела, определите его среднюю плотность.

По таблице плотностей посмотрите плотность воды и сравните ее с полученным результатом.

Оказывается, средняя плотность человеческого тела немного больше плотности воды (и почти равна плотности соленой воды). Это и является причиной того, что человек довольно легко может держаться на воде, так как тело, имеющее плотность такую же, как и плотность жидкости, плавает в ней.

ГРОЗА СТАРИННЫХ КРЕПОСТЕЙ

По книге Л. Я. Гальперштейна «Здравствуй, физика!»

Сделаем небольшое путешествие в прошлое. Война. Войска древних римлян осаждают крепость. Вот римские легионеры бросаются на приступ. Но город не зря называется городом. Он действительно огорожен, обнесен оградой — частоколом из толстых бревен. По углам — грозные башни. Тяжелые ворота в башнях заперты, заложены многими засовами.

Горожане защищаются отчаянно. Кому хочется попасть в рабство? Летят градом стрелы. Со стен льется кипяток, падают тяжелые глыбы...

Приступ отбит. Легионеры отступают. Но там, куда не долетают стрелы горожан, римляне устанавливают какое-то громоздкое деревянное сооружение. Это *катапульта* — громадная рама из толстых брусьев, на которой укреплено сооружение, напоминающее букву «П» (рис. 24). Между брусьями рамы натянут толстый жгут из сухожилий. А в середину этого жгута вставлена концом ... ложка. Да, ложка. Но она пришлась бы по руке только сказочному великану,— эта ложка больше человека. К ее ручке привязан канат. Он намотан на ворот, который крутят два

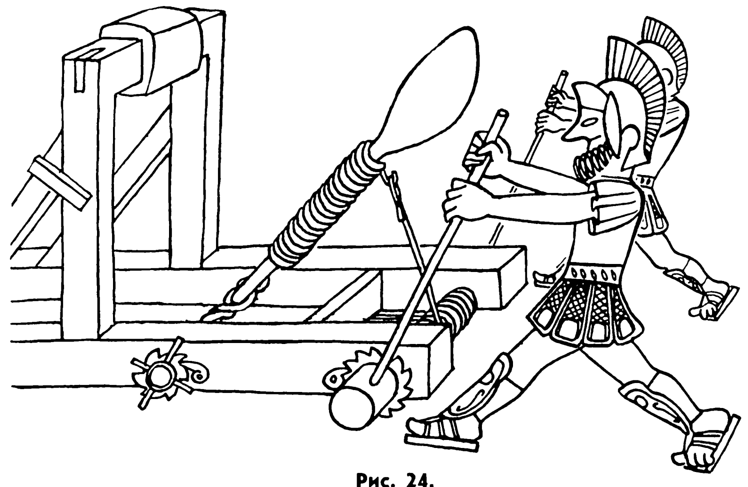


Рис. 24.
Так выглядела катапульта древних римлян.

воина. Все ниже склоняется ложка, все больше ее конец закручивает жгут из сухожилий. Сухожилия натягиваются, как струны. Ворот скрипит и скрежещет. Но вот наконец ложка ложится почти горизонтально. Воины катят бочку со смолой, ставят ее в ложку, выбивают дно и поджигают.

Смола вспыхивает. Раздается отрывистая команда. Ложка, мгновенно освобожденная от каната, резко поднимается. Страшный удар о перекладину ... Катапульта содрогается и подпрыгивает. Ложка останавливается, а бочка, продолжая двигаться по инерции, летит, роняя огненные струи горящей смолы. Перемахнув через стену, она падает на крышу деревянного домишки. В городе вспыхивает пожар!

Так действовала катапульта — гроза древних крепостей, чудо военной техники первого тысячелетия до нашей эры. Изобрели ее, видимо, ассирийцы, усовершенствовали древние греки и римляне.

В наши дни катапульта снова нашла применение в военном деле: с ее помощью запускают самолеты с палуб авианосцев и других кораблей, где не хватает места для обычного разгона. Пользуются катапультой и на реактивных самолетах, чтобы в случае аварии выбросить из кабины летчика с парашютом. Сам он при такой большой скорости покинуть самолет не может: слишком велико сопротивление воздуха.

Конечно, устройство современных катапульт совсем другое, но явление используется то же — инерция.

Задание 8

Полет из катапульты. Спичечный коробок с несколькими спичками, почтовая открытка или тонкая плотная бумага — вот необходимые материалы для постройки моделей самолетов и катапульты для их запуска.

Сначала постройте модель самолета. Возьмите спичку и положите ее на доску или фанеру. Придерживая спичку за головку, сделайте лезвием бритвы прорезь на конце (длиной 6—8 мм). Прорезь должна быть сквозная и проходить точно по середине спички. Затем поверните спичку и сделайте такую же прорезь на другой стороне. Таким образом, на конце спички будут две прорези, расположенные крест-накрест.

Из почтовой открытки или плотной бумаги вырежьте крыло, стабилизатор и киль. Вставьте стабилизатор в одну из прорезей. Расстояние междv задней кромкой стабилизатора и концом спички должно быть около 1 мм. В другую прорезь вставьте киль. Затем смажьте клеем поверхность спички и приклейте крыло. Самолет готов (рис. 25).

Чтобы запустить такую модель в воздух, нужна катапульта. Для ее изготовления возьмите спичечный коробок. Выньте из него коробку для спичек, и в футляре проделайте отверстие на расстоянии 1 см от края (точно посередине). В отверстие вставьте спичку так, чтобы ее головка была внизу. Спичка будет выполнять роль спускового устройства катапульты.

Теперь коробку можно вставить и надеть на нее резиновое кольцо. Толщина резинки должна быть небольшой, а сама резинка — эластичной. Проще всего воспользоваться широкой многожильной резинкой. От нее нужно отрезать одну жилку длиной 10—11 см. Концы связать ниткой или тонкой проволокой. Полученное кольцо надеть на коробку так, чтобы узел был внизу. Верхнюю часть кольца натянуть и закрепить на выступающем конце спички. Катапульта заряжена.

На поверхность коробка положите изготовленную модель — ее хвостовая часть должна касаться спички катапульты (рис. 26).

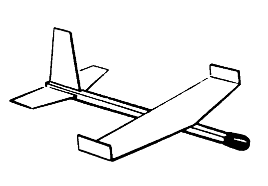




Рис. 25

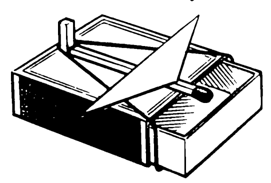


Рис. 26

Выберите направление запуска модели и потяните спичку катапульты вниз. При этом резинка, надетая на нее, освободится и вытолкнет модель в воздух. Дальность полета самолета зависит не только от упругости резинки, но и от формы и расположения крыла, стабилизатора и киля. Даже небольшое отгибание концов крыла вверх резко сказывается на характеристике полета. Вы это сами увидите, когда начнете проводить различные эксперименты.

Задание 9

Пронаблюдайте следующие явления:

1. Зерно сбрасывается с ленты транспортера.

2. Мальчик катается на самокате.

3. Полную чашку чая или тарелку супа резко и быстро ставят на стол, жидкость проливается, разбрызгивается.

Объясните причины наблюдаемых явлений.

Задание 10

Можно проделать много занимательных опытов, в основе которых лежит явление инерции.

Опыт 1. На доску поставьте столбиком 10—12 шашек, одну на другую. Быстрым ударом линейки выбейте нижнюю шашку, не свалив верхних, как показано на рисунке 27.

Опыт 2. На край доски положите полоску бумаги, а на нее поставьте столбиком несколько шашек. Потяните за бумажку сначала медленно, а затем сильно и резко дерните. Что вы наблюдаете в первом и втором случае?

Задание 11

Один изобретатель предложил для измерения скорости равномерного движения корабля подвесить груз на нити к потолку каюты. По его мнению, в покоящемся корабле отвес должен располагаться вертикально, а в движущемся — наклонно к горизонту. Поэтому по углу отклонения отвеса изобретатель и предложил измерять скорость корабля.

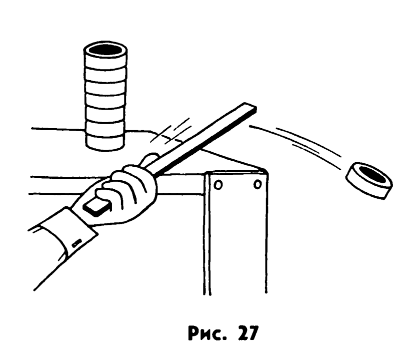


Рис. 27

Изготовьте такой прибор и проверьте, будет ли отвес отклоняться от положения равновесия

при равномерном движении заводного автомобиля или катера.

При каком условии будет отклоняться отвес?

Можно ли с его помощью измерять скорость?

СИЛА, ЧТО ДВИЖЕТ МИРАМИ

По книге М. В. Васильева и К. П. Станюковича «Сила, что движет мирами»

Долгое время люди верили в религиозное учение о «тверди небесной», на которой бог будто бы поставил небесные светила. Луна и звезды якобы потому и не падают на Землю, что прикреплены к чему-то твердому наверху.

Наука доказала, что никакой «небесной тверди» на самом деле нет, что Луна движется вокруг Земли, а Земля движется вокруг Солнца и, следовательно, сама является небесным телом.

Вопрос о том, на чем «держатся» небесные светила, был заменен другими: почему же Луна обращается вокруг Земли, а не уходит от нее прочь? Почему Земля обращается вокруг Солнца? Что держит Луну около Земли и Землю около Солнца?

Ответ на эти вопросы был дан после открытия и изучения одного из основных законов природы — закона всемирного тяготения, который гласит: *«Все тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению масс этих тел и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними».* Этот закон открыл великий английский ученый Исаак Ньютон. Он сформулировал его в научной работе «Математические начала натуральной философии», изданной в 1687 г. Сейчас закон всемирного тяготения изучают в школе.

Открытие закона было великим триумфом науки. Казалось, найдена наконец и математически описана главная сила природы, движущая мирами, сила, которой подвластны и молекулы воздуха, и небесные тела...

Французский писатель Вольтер рассказывал, что Ньютон догадался о существовании закона всемирного тяготения, когда взглянул на падающее яблоко. Сам Ньютон об этом яблоке никогда не упоминал. Рассказ Вольтера, вероятно, просто красивая легенда. К постижению великой силы природы Ньютон подошел, скорее всего, путем рассуждения, изложенного им в одной из глав «Математических начал натуральной философии».

Вот суть этого рассуждения.

Предположим, что на очень высокой горе, такой высокой,

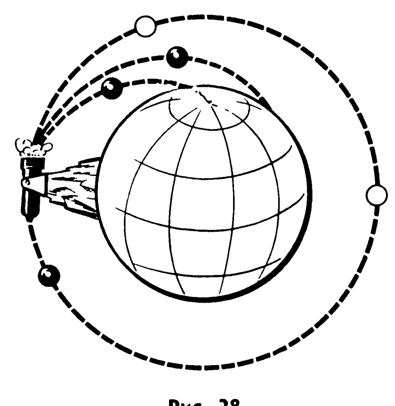


Рис. 28

что ее вершина находится вне атмосферы, установили гигантское артиллерийское орудие, расположив его ствол строго параллельно поверхности земного шара, и выстрелили. Описав дугу, ядро упало на землю (рис. 28). Увеличиваем заряд, улучшаем качество пороха, т. е. тем или иным способом заставляем ядро после следующего выстрела двигаться с большей скоростью. Дуга, описанная ядром, становится более пологой. Ядро падает значительно дальше от подножия горы.

Еще увеличиваем заряд и снова стреляем. Ядро летит по такой пологой траектории, что все время остается на одном и том же расстоянии от поверхности земного шара. Ядро уже не может упасть на Землю и, описав кольцо вокруг планеты, возвращается к точке вылета (см. рис. 28).

Орудие можно тем временем снять. И тогда ядро стремительно пронесется над вершиной горы и отправится в новый облет Земли. Упасть, если, как мы условились, ядро не испытывает никакого сопротивления воздуха, оно не сможет никогда.

Скорость ядра для этого должна быть близкой к 8 км/с.

Так Ньютон в конце XVII в., за сто лет до первого полета воздушного шара братьев Монгольфье, за двести лет до первого подъема аэроплана братьев Райт и почти за четверть тысячелетия до взлетов первых ракет, «помог» в осуществлении запуска спутников и космических кораблей.

И сегодня штурманы звездных дорог, прокладывая траектории полетов, основывают расчеты на законе Ньютона.

В доказательство справедливости закона всемирного тяготения большой вклад внесли астрономы.

В 1682 г. известный английский астроном Галлей рассчитал орбиту яркой кометы[1], появившейся тогда на небе, по формулам,

[1] *Кометы* — тела Солнечной системы, имеющие вид туманных объектов со светлым сгустком (головой) в центре и хвостом. Размеры комет огромны (хвосты некоторых комет достигают в длину десятки миллионов километров), а масса мала (примерно одна миллиардная часть массы Земли и меньше) и сосредоточена в основном в ядре кометы, которое находится в голове.

Яркая голова, длинный хвост, быстрое движение среди звезд — все это делает комету непохожей на остальные небесные тела.

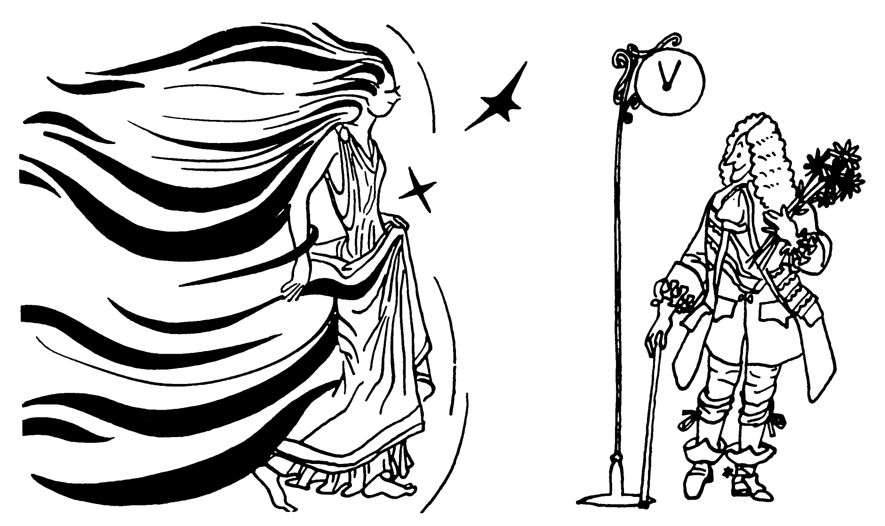
выведенным из закона тяготения Ньютона, и предсказал, что эта комета вернется к Земле в 1758 г., так как, двигаясь по очень вытянутой орбите, она оказывается в зоне видимости с Земли примерно каждые 76 лет. И комета появилась на небе, как предсказал Галлей. Ее назвали кометой Галлея.

В дальнейшем расчеты астрономов еще не раз предсказывали время появления кометы Галлея. Ее наблюдали в 1835 г., 1910 г.

Ближайший по времени «визит» этой кометы был «назначен» на 1985—1986 гг. Это — 28-е зафиксированное в истории человечества появление кометы Галлея.

Учеными была разработана детальная международная программа наблюдения кометы с Земли и из космоса. Впервые в истории науки «на свидание» с ядром кометы полетели космические аппараты. Программа включала в себя также организацию и координацию наземных наблюдений, которые проводились профессионалами-астрономами и любителями астрономии из разных стран мира.

В течение длительного времени астрономов и математиков озадачивало таинственное поведение самой крайней из известных в те годы планет Солнечной системы — *Урана*. Конечно, и ее орбита была вычислена с помощью закона, открытого Ньютоном. Но планета то появлялась в точке, предназначенной ей вычислениями, позже рассчитанного срока, словно что-то задерживало ее, то,



И комета Галлея явилась в назначенный срок, чтобы засвидетельствовать истинность теории и точность расчетов ученых.

наоборот, двигаясь ускоренно, словно ее подгоняла какая-то неведомая сила, приходила раньше.

Петербургский астроном Лексель первым высказал предположение, что на движение Урана оказывает действие неизвестная планета, которая находится за Ураном. Французский ученый Леверье в 1846 г. произвел соответствующие вычисления и сообщил координаты места, в котором должна находиться неизвестная планета в определенное время, немецкому астроному Галле. И Галле в назначенное время, направив телескоп в указанное место неба, увидел планету, которую позже назвали *Нептуном.*

В 1842 г. немецкий астроном Бессель заметил, что яркий *Сириус* — одна из звезд северного полушария, украшающая зимнее небо,— ведет себя несколько «легкомысленно», отклоняясь периодически то вправо, то влево от центрального положения. Бессель провел соответствующие вычисления, пользуясь законом всемирного тяготения, и пришел к выводу, что у Сириуса есть невидимый спутник, вызывающий колебания звезды. И в 1862 г. эта звезда — спутник Сириуса — была открыта. Расчеты, выполненные на основе закона всемирного тяготения, вновь оправдались, и это еще раз подтвердило всеобщность великого закона.

СКОЛЬКО ВЕСИТ ТЕЛО, КОГДА ОНО ПАДАЕТ?

По книге Я. И. Перельмана «Занимательная физика», кн. 1

Для ответа на этот вопрос проделайте следующий опыт. К крючку динамометра подвесьте гирю. Вы увидите, что пружина растянется, указатель опустится и остановится возле какого-то деления шкалы, показывая вес тела. Теперь динамометр с гирей выпустите из рук, т. е. дайте ему возможность свободно падать (чтобы не испортить прибор, роняйте его на песок или на мягкую подставку). Обратите внимание, где находится указатель динамометра во время падения. Оказывается, что во время падения он находится на нулевой отметке.

Весом тела мы называем силу, с которой тело вследствие притяжения к Земле давит на опору или растягивает подвес. Во время же падения, как вы видели, тело не производит никакого натяжения пружины. Стало быть, его вес равен нулю, что и показывает динамометр. Самое тяжелое тело становится невесомым в течение всего времени падения.

Еще основатель механики Галилео Галилей в XVII в. утверждал:

«Мы ощущаем груз на наших плечах, когда стараемся мешать его падению. Но если станем двигаться вниз с такой же скоростью, как и груз, лежащий на нашей спине, то как же он может давить и обременять нас? Это подобно тому, как если бы мы захотели поразить копьем кого-либо, кто бежит впереди нас с такой же скоростью, с какой движемся и мы». (Имеется в виду, что мы хотим поразить копьем кого-либо, не выпуская этого копья из рук.)

Следовательно, спрашивать о том, сколько весит тело, когда оно падает, все равно что спрашивать, сколько весит тело, когда оно не весит.

Знаете ли вы, что

...невесомы не только тела, падающие вертикально вниз, но и брошенные вверх, под углом к горизонту и т. д.?

Следовательно, чтобы оказаться в состоянии невесомости, надо лишь подпрыгнуть. Как только ноги оторвутся от пола, наступит свободное падение (даже при движении вверх) и, следовательно, невесомость.

Задание 12

В пластмассовом шарике от пинг-понга или в резиновом мячике сделайте острым шилом два отверстия друг против друга: одно диаметром 5 мм, другое диаметром 1—2 мм. Погрузив мяч в воду, заполните его водой. Проверьте, хорошо ли выливается струя воды из большого отверстия.

Встаньте с приятелем друг против друга на расстоянии трех-четырех метров и перекидывайте мяч. Обратите внимание, выливается ли вода из мяча во время свободного полета.

Объясните наблюдаемое явление.

Как ведет себя вода, когда мяч находится у кого-либо из вас или на полу?

Задание 13

Известно, что детскую игрушку ваньку-встаньку невозможно заставить лежать.

Проверьте, будет ли сохранять ванька-встанька горизонтальное (лежачее) положение при свободном падении. (При выполнении этого опыта необходимо, чтобы игрушка падала на что-то мягкое, иначе она может разбиться.)

КОНСТАНТИН ЭДУАРДОВИЧ ЦИОЛКОВСКИЙ

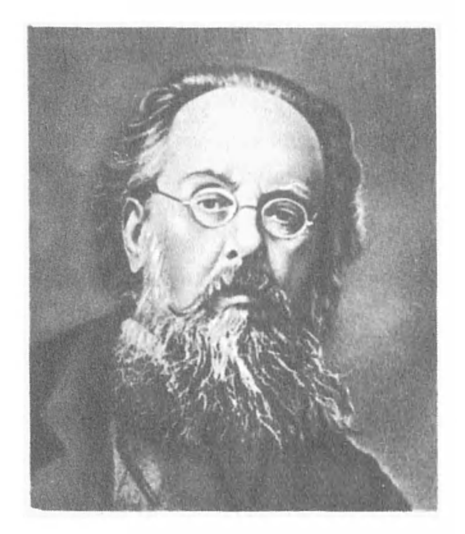
По книгам «Впереди своего века», «Константин Циолковский»; К. Алтайского «Циолковский рассказывает»

Основной мотив моей жизни — сделать что-нибудь полезное для людей, не прожить даром жизнь, продвинуть человечество хоть немного вперед. Вот почему я интересовался тем, что не давало мне ни хлеба, ни силы. Но я надеюсь, что мои работы, может быть, скоро, а может быть, в отдаленном будущем дадут обществу *горы хлеба и бездну могущества.*

К. Э. Циолковский

Константин Эдуардович Циолковский родился 17 сентября 1857 г. в селе Ижевском Рязанской губернии в семье лесничего. В возрасте девяти лет он после простуды и заболевания скарлатиной почти лишился слуха. Глухота не позволила ему продолжать учебу в школе, и мальчик начал заниматься самостоятельно пользуясь небольшой библиотекой своего отца, в которой были книги по математике и естественным наукам. В это же время в нем пробуждается страсть к изобретательству. Родители, видя склонность сына к серьезной самостоятельной работе, несомненный талант изобретателя и выдающиеся способности, отправили шестнадцатилетнего юношу в Москву, чтобы он мог продолжить свое самообразование. Московский период жизни оказался очень тяжелым: деньги, получаемые из дому, тратились им на книги и опыты. Циолковский часто голодал. Но учился он, несмотря на лишения, с необыкновенной энергией и упорством. «Я помню,— писал Циолковский в автобиографии,— что, кроме воды и черного хлеба, у меня тогда ничего не было. Каждые три дня я ходил в булочную и покупал там на 9 копеек хлеба. Таким образом, я проживал в месяц 90 копеек... Все же я был счастлив своими идеями и черный хлеб меня нисколько не огорчал».

Тяжелая жизнь в Москве подорвала здоровье юноши. Пришлось возвратиться домой и, чтобы заработать средства на жизнь, заняться частными уроками. Двадцати двух лет Константин Эдуардович сдал экстерном экзамены и стал учителем. С тех пор и до конца жизни продолжалась его педагогическая деятельность сначала в городе Боровске Московской губернии, затем в Калуге, где Циолковский прожил бóльшую часть жизни. Наряду с пре-



Константин Эдуардович Циолковский (1857—1935) — советский ученый и изобретатель, основоположник современной космонавтики. Впервые обосновал возможность использования ракет для межпланетных сообщений. Технические идеи К. Э. Циолковского находят применение при создании ракетно-космической техники.

Человечество не останется
вечно на Земле, но, в
погоне за светом и
пространством, сначала
робко проникнет за
пределы атмосферы,
а затем завоюет
себе все околосолнечное
пространство.

К. Циолковский

подаванием молодой учитель продолжал заниматься изобретательством, научной и литературной работой.

«Всю свою жизнь я не только вычислял, но и работал руками»,— писал Циолковский. В доме, где он жил, были оборудованы мастерская и лаборатория со станками и разными инструментами.

Результаты его исследований, представленные им в Российскую Академию наук, были признаны ценными. Его избрали членом физико-химического общества. Однако судьба Циолковского как ученого и изобретателя в дореволюционное время была очень тяжелой. Только однажды он получил денежную поддержку от Академии наук.

Напрасно обращался Циолковский с горячими призывами о помощи. Его считали беспочвенным фантазером, над ним смеялись, и требовалась огромная сила воли и вера в свое дело, чтобы в таких условиях продолжать начатую работу.

«Тяжело работать в одиночку многие годы при неблагоприятных условиях и не видеть ниоткуда ни просвета, ни поддержки». Эти слова Циолковского из его статьи с очень красноречивым заголовком «Горе и гений» как нельзя лучше характеризуют обстановку, в которой творил ученый до Октябрьской революции. Он

оставался одиноким, не имел ни учеников, ни последователей, не имел сколько-нибудь удовлетворительной базы для своих работ, был оторван от научного мира.

Советская власть несмотря на трудности, вызванные войной и разрухой, сразу же создала Циолковскому необходимые условия для жизни и работы. Правительство ввиду особых заслуг ученого-изобретателя, специалиста по авиации назначило ему персональную пенсию. Общественные организации стали оказывать помощь Циолковскому в издании его работ.

За 1917—1935 гг. было издано в 4 раза больше статей, брошюр и книг Циолковского, чем за весь предыдущий период его деятельности. За 7 лет (1925—1932) было опубликовано около 60 работ Циолковского, посвященных физике, астрономии, механике и философии. Повседневное внимание Коммунистической партии и Советского правительства к научно-исследовательской работе Константина Эдуардовича способствовало широкой популяризации и признанию его работ.

В 1924 г. при Военно-научном обществе Академии воздушного флота 25 слушателей академии образовали секцию межпланетных сообщений. Они поставили целью изучить реактивный двигатель, найти ему практическое применение и на первом же собрании постановили: просить Циолковского взять на себя научное руководство работой.

В 1932 г. страна широко отметила 75-летие со дня рождения ученого. Многочисленные организации и отдельные лица прислали ему свои поздравления. Он был награжден орденом Трудового Красного Знамени. Правительство подарило ему новый дом в Калуге. Но едва ли не самой большой наградой явилось начавшееся воплощение его идей в жизнь: в 1930—1931 гг. был создан первый отечественный ракетный двигатель на жидком топливе, и 17 августа 1933 г. поднялась в воздух первая ракета на жидком топливе. До самой смерти Циолковский оставался консультантом инженеров, воплощавших в жизнь его замечательные идеи.

Циолковскому не довелось дождаться первого космического полета: он скончался 19 сентября 1935 г. в Калуге, где на протяжении сорока с лишним лет занимался исследованиями в области реактивного движения.

Константину Эдуардовичу Циолковскому воздвигнуты памятники в Москве и Калуге. Его имя написано на монументе в честь запуска первого спутника. В доме, где он долгие годы жил и работал, открыт Государственный музей истории космонавтики, так

как покорение космоса неразрывно связано с именем Циолковского.

О научном значении работ Циолковского хорошо написал Ф. Зигель в предисловии к книге К. Алтайского «Циолковский рассказывает».

Кем был Константин Эдуардович Циолковский в науке?

Почему сейчас нередко принято называть его «человеком из будущего»?

Прежде всего великий калужский самоучка был талантливейшим изобретателем. Достаточно привести лишь несколько примеров. Циолковский изобрел *воздуходувку — аэродинамическую трубу*. Стремительный поток воздуха, создаваемый в такой трубе, обдувает модель самолета и даже при соответствующих размерах трубы сам самолет. Вместо полета в воздухе создается равноценная в физическом смысле обстановка — ведь движение относительно. Как это гениально просто и как трудно первому дойти до этой «простоты»!

Транспорт на воздушной подушке. Это тоже изобретение Циолковского, в принципе гениально простое и бесконечно ценное в практическом применении. Под воздухолетом (назовем этим общим термином любой вид транспорта на воздушной подушке) мощным компрессором создается «воздушная подушка»— уплотненный слой воздуха. Он отделяет приподнятый им воздухолет от земной поверхности. Если теперь использовать любой реактивный двигатель, воздухолет, чуть-чуть оторвавшись от поверхности земли, полетит. Трения почти нет, скорости огромны, никаких специальных дорог не требуется. Лети себе над болотом, озером или даже морем. Сегодня это изобретение Циолковского уже реальность.

Горьковский судостроительный завод выпускает суда на воздушной подушке, развивающие скорость свыше 100 км/ч. Создана экспериментальная модель, которая на испытаниях показала скорость 144 км/ч, имея двигатель мощностью всего лишь 22 кВт (сравните с мощностью двигателя речного теплохода на подводных крыльях «Ракета» — 880 кВт, его максимальная скорость — 70 км/ч).

Циолковский живо интересовался освоением океана — тема, лишь теперь получающая признание. Он рассчитал различные варианты подводных научных лабораторий и строгими расчетами

доказал, что уже при существующих материалах возможны погружения на несколько километров. Одна из работ Циолковского посвящена практическому использованию энергии морских волн. Он предлагает для этой цели конкретные простые механизмы, соединенные с волноломом, частично укрощающим волны.

В серии работ Циолковский описывает устройства для орошения пустынь и использования солнечной энергии. Просто поражаешься, читая эти работы, как далеко видел Циолковский, насколько впереди своего века он был!

Заслуги Циолковского в воздухоплавании общеизвестны — достаточно вспомнить его *проекты цельнометаллических дирижаблей и самолетов.* Но главное техническое изобретение Циолковского — это, конечно, *космическая ракета.* Реальные проекты космических кораблей и спутников, подробнейшая разработка всех обстоятельств освоения ближнего космоса и, наконец, проекты расселения человечества по всей Солнечной системе — все это можно встретить в опубликованных трудах нашего великого соотечественника...

Почти каждый раз, когда современная космонавтика одерживает очередную победу, ловишь себя на мысли, что ведь многое из того, что произошло, иногда даже в деталях, предвидено, предсказано, а нередко и предвычислено Циолковским.

Для достижения космических скоростей Циолковский предложил использовать составную *многоступенчатую ракету.* Без таких ракет при современных двигателях мы бы до сих пор не «оторвались» от Земли, не вышли бы на просторы Вселенной. Он умел видеть будущее, как никто другой.

НЕВЕСОМОСТЬ

Отрывки из книг К. Э. Циолковского «Вне Земли», Ю. А. Гагарина «Дорога в космос»

Я просто поражаюсь, как правильно мог предвидеть наш замечательный ученый все то, с чем только что довелось встретиться, что пришлось испытать на себе.

Ю. А. Гагарин

Невесомость. Это слово сейчас знакомо каждому. Но в начале XX в. это слово Циолковскому пришлось «придумать» для обозначения совершенно необычного состояния,

которое наступает в ракете, когда она, отключив двигатели, обращается вокруг Земли или движется к другим планетам. В своих многочисленных книгах и статьях, посвященных космической проблеме, Циолковский до мельчайших подробностей изложил все, что должно наблюдаться во время космических путешествий.

Только много лет спустя, после полета Ю. А. Гагарина и дальнейших полетов космонавтов, стало возможным проверить предположение К. Э. Циолковского.

Сравните сами, как совпадает описание космического полета, изложенное Циолковским в книге «Вне Земли», с тем, что наблюдали в полете космонавты.

Вот как описывает К. Э. Циолковский первые впечатления воображаемых космических путешественников от состояния невесомости.

...Чтобы двигаться, приходилось отталкиваться от стенок, движение было не совсем ровно; многие ударялись о дверные рамы, но от рам же отталкивались и летели дальше; другие ловко пролетали через все двери, ни одну не задев; лишь у своей каюты схватывались за перегородку и скрывались за ней. Некоторые заснули посреди каюты; их медленно-медленно носило из угла в угол, вследствие непроизвольных движений во сне. Даже кровообращение и дыхание имело влияние на их движение и положение. Постелей не было, но боков никто не отлежал... Другие раскрыли книги и читали... Легкая складная рамка, если хочешь, схватывала слегка тело и давала ему возможность оставаться неподвижным; так было удобнее читать у лампы, а спать было все равно как... Кто же любил отдыхать в одном положении, мог привязать себя двумя цепочками к стенкам или поместиться за сетчатую перегородку вроде рыбачьей сети. Книга легко держалась в руках, так как не имела веса; страницы топорщились, и их нужно было придерживать пружинкой или просто пальцами...

Нашлись желающие подкрепиться пищей.

В ракете все было приспособлено для еды и питья. Обычный порядок был невозможен: обеденный стол не устоит на месте, а также и стулья; малейший толчок — и все это завертится и задвигается из угла в угол; ловите, устанавливайте мебель: опять будет то же! Всю утварь, конечно, можно привинтить к стенкам. Но к чему нужен стол, если посуда никуда не падает? К чему стулья и кресла, когда человек не нуждается в поддержке и не двигается,

пока его не толкнут? К чему кровати, пружинные матрацы, тюфяки, перины и подушки, если везде мягко и без них?

Разве для иллюзии земной жизни?! Но вы все равно не усидите в ваших креслах, не улежите в ваших постелях, если вас к ним не привязать! Привязывать приходится и тарелки, и графины, и даже само кушанье... Рыхлое, рассыпчатое будет при резании разлетаться в разные стороны, попадая то в нос, то в рот, то в глаза и уши, то в волосы и карманы соседей. Вы захотите налить стакан воды — вода не польется; вы откидываете голову назад, чтобы выпить рюмку вина, но оно по инерции вылетает из рюмки в виде нескольких шаров и несется куда не нужно, смачивает бороду и платье обедающих, попадает в рот тому, кто не собирался пить...

Вместо кресел могут быть легкие держалки для желающих оставаться на одном месте, вместо столов — такие же держалки для сосудов с кушаньем: вроде легкой этажерки со множеством мест, откуда легко извлечь сосуд с едой или питьем и поставить его обратно и закрепить. Так это и было устроено в ракете заранее, так как ученые все почти предвидели. Кушанья были закупорены. Полужидкими или жидкими веществами для питания пользовались так: прикрепленным к сосуду насосом накачивали в него немного воздуха. Последний производил давление на перегородку в сосуде в виде поршня, под которым находилась пища; от этого жидкость стремилась выйти из крана с мягкой трубкой. Трубку брали в рот и открывали на момент кран. Полужидкая пища попадала в рот и при помощи языка и глотательных движений шла в желудок. Твердая, а также полутвердая еда, например фрукты, слегка придерживалась на тарелке пружинами или сеточками. От нее отрезали части, натыкали на вилку и отправляли в рот. Ножи, вилки и другие орудия должны быть привязаны короткими цепочками к прикрепленной тарелке или к ее подставке.

Так описывал космическое путешествие К. Э. Циолковский. А вот впечатления первого космонавта Ю. А. Гагарина.

...Корабль вышел на орбиту — широкую космическую магистраль. Наступила невесомость — то самое состояние, о котором еще в детстве я читал в книгах К. Э. Циолковского. Сначала это чувство было необычным, но вскоре я привык к нему, освоился и продолжал выполнять программу, заданную на полет.

Невесомость — это явление для всех нас, жителей Земли, несколько странное, но организм быстро приспосабливается к нему. Что произошло со мной в это время? Я оторвался от кресла, насколько это допустили привязные ремни, и как бы повис между потолком и полом кабины, испытывая исключительную легкость во всех членах. Переход к этому состоянию произошел очень плавно. Когда начало исчезать влияние гравитации, я почувствовал себя превосходно. Все вокруг стало делать легче. И руки, и ноги, и все тело сделались будто совсем не моими. Они ничего не весили. Не сидишь, не лежишь, а как-то висишь в кабине. Все незакрепленные предметы парят, и наблюдаешь их как будто во сне. И планшет, и карандаш, и блокнот... А капли жидкости, пролившиеся из шланга, приняли форму шариков, они свободно перемещались в пространстве и, коснувшись стенки кабины, прилипали к ней, будто роса на цветке.

Невесомость не сказывается на работоспособности человека. Все время я работал: следил за оборудованием корабля, наблюдал через иллюминаторы, вел записи в бортовом журнале. Я писал, находясь в скафандре, не снимая гермоперчаток, обыкновенным графитным карандашом. На минуту забыв, где и в каком положении я нахожусь, положил карандаш рядом с собой, и он тут же уплыл от меня...

Далее Ю. А. Гагарин описывает очень ответственный опыт, который был выполнен во время полета А. Николаева,— выход из пилотского кресла.

...По графику, заранее разработанному на Земле, подходило время одного из весьма важных опытов, который надлежало провести Андриану Николаеву,— выход из пилотского кресла. Этого, как известно, не делал ни я, ни Герман Титов. Естественно, мы все ожидали этого момента с нетерпением и настороженностью. Один из крупнейших специалистов в своей области, с мнением которого считаются все космонавты, еще во время подготовки к полету настойчиво рекомендовал Андриану Николаеву подойти к этому заданию с крайней осмотрительностью. Ведь никто не знал, что может произойти с космонавтом, когда в состоянии невесомости он освободится от привязных ремней, окажется в свободном «плавании», и сможет ли один, без чьей-либо помощи вернуться обратно в кресло. Вдруг он очутится под потолком кабины и не сможет опуститься на свое рабочее место?

Этот специалист советовал сначала освободить левое, затем правое плечо, ни в коем случае не делая резких движений, попробовать отделиться от кресла. Андриан так и сделал. Он первым в мире выяснил, что человек, потерявший свой вес, может свободно перемещаться в воздухе. Никаких затруднений при этом космонавт не испытывал. Достаточно было коснуться пальцем стенки кабины, чтобы поплыть в противоположную сторону, а коснувшись потолка, опуститься в кресло. Первое свободное «плавание» Андриана Николаева продолжалось около часа. Вернувшись на Землю, он рассказывал нам, что это было удивительно приятное, ни с чем не сравнимое состояние: ничего не весишь, ни на что не опираешься и вместе с тем можешь все делать. Все движения координированы, а зрение и слух безукоризненны: все было видно, все слышно, что передавала Земля...

...Павел Попович, может быть, с излишней горячностью освободился от привязных ремней и был тут же наказан за эту поспешность. Тело его мгновенно всплыло вверх, и голова ударилась о потолок кабины. Это был предметный урок того, что в космосе надо вести себя осторожно...

ВЫХОД В ОТКРЫТЫЙ КОСМОС

По книгам «Шаги в космосе», «Константин Циолковский»; К. Э. Циолковского «Вне Земли»

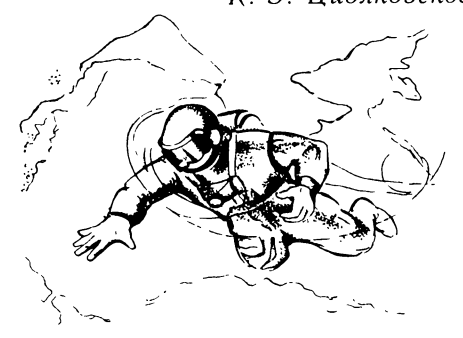


Рисунок Алексея Леонова.

Пусть вечно помнит человечество дела и мысли К. Э. Циолковского. Нам очень жаль, что этот человек не может видеть своими глазами, как его труд и мысли, его идеи воплощаются в жизнь.

П. Беляев, А. Леонов
(Запись в книге посетителей Дома-музея Циолковского)

Циолковский многое предвидел и многое предсказал. Он даже описал в 1898 г. выход человека в открытый космос и ошибся только в одном: считал, что это произойдет в 2017 г.— на 52 года позже, чем произошло в действительности. Алексей Леонов совершил выход в открытый космос в 1965 г. В книге «Вне Земли» Циолковский так описывает выход человека в открытый космос.

...Когда открыли наружную дверь и я увидел себя у порога ракеты, я обмер и сделал судорожное движение, которое и вытолкнуло меня из ракеты. Уж, кажется, привык я висеть без опоры между стенами этой каюты, но когда я увидел, что надо мною бездна, что нигде кругом нет опоры, со мной сделалось дурно, и я опомнился только тогда, когда вся цепочка уже размоталась и я находился в километре от ракеты, она виднелась по направлению цепочки в виде тонкой белой палочки. Я был закутан в блестящий балахон, который, отражая солнечные лучи почти целиком, не согревал меня. Мне сделалось холодно, и от прохлады я, вероятно, очнулся. Я скорей потянул за цепочку и быстро полетел домой. Понемногу я успокоился, особенно когда увидел себя вблизи ракеты, увидел прижатые к стеклам носы любопытствующих. Самолюбие мешало показать страх и скрыться поспешно в ракету. Попорхав некоторое время на цепочке между небом и землей, я отвязался и полетел свободно. Когда ракета едва виднелась, пустил в ход взрывную машину и полетел обратно. Все-таки было страшно. Все видели, конечно, как я вертелся волчком. Но я совершенно не замечал этого вращения: мне казалось, что небесный свод со всеми своими украшениями и даже с ракетой поспешно вращался вокруг меня. Но я мог все-таки остановить это вращение благодаря двум рукояткам от механизмов, приделанных к скафандрам...

...Ракета мне казалась то справа, то слева. Только я как будто был неподвижен и вертел миром, как хотел... То я видел у себя под ногами Солнце, и мне казалось, что я вот-вот упаду в его раскаленную массу: сердце замирало, но я не падал. То под ногами была наша огромная, в полнеба, Земля, тогда мне казалось, что там низ, опять замирало сердце, и думалось, что вот-вот помчишься к родной Земле, расшибешься где-нибудь в горах или утонешь в океане...

Комментарий Леонова к сказанному выше

...Это больше, чем совпадение, это предвидение гениального ученого. Циолковский точен в деталях и совершенно прав по существу...

...Он пользуется другой терминологией, но дело ведь не в словах. Циолковский пишет о «легких белых балахонах», которые необходимо надеть на скафандр, чтобы защитить себя от перепадов температуры. Светлое покрытие на наших скафандрах играло именно эту роль.

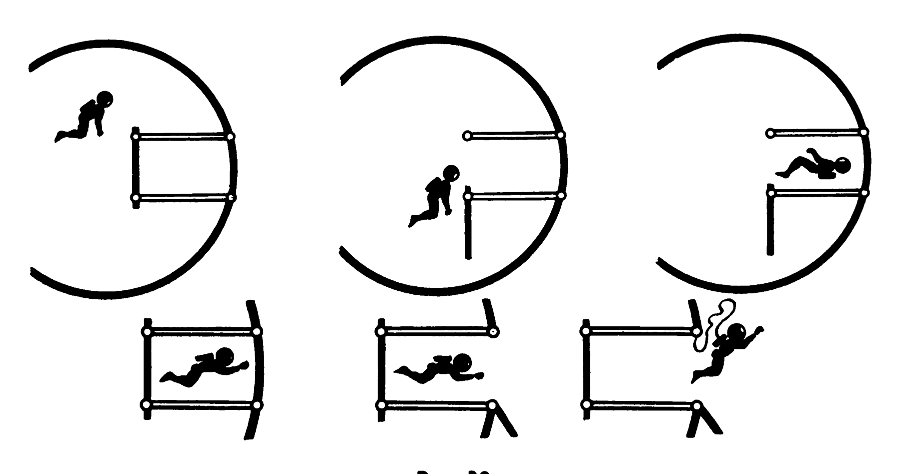


Рис. 29.
Рисунок К. Э. Циолковского из его «Альбома космических путешествий».

Циолковский писал, что, прежде чем выйти из ракеты, человек должен посидеть «замкнутым в тесной камере вроде футляра» (рис. 29), пока из нее не «вытянут» воздух. Этим футляром был шлюз. Ученый упоминал «цепочку», необходимую, чтобы космонавт не потерял корабль,— это был фал, связывающий меня с кораблем.

А вот как рассказывал Алексей Леонов о своем космическом путешествии вне корабля.

...Мне посчастливилось увидеть Землю, Солнце и звезды не из иллюминатора космического корабля, не в узком секторе, а объемно и, пожалуй, более полно, чем мы обычно видим окружающий нас мир.

Я хочу вам сказать, что картина космической бездны, которую я видел, своей грандиозностью, необъятностью, яркостью красок и резкостью контрастов густой темноты с ослепительным сиянием звезд просто поразила и очаровала меня. В довершение картины представьте себе — на этом фоне я вижу наш космический советский корабль, озаренный ярким светом солнечных лучей. Когда я выходил из шлюза, то ощутил мощный поток света и тепла, напоминающий электросварку. Надо мной было черное небо и яркие немигающие звезды. Солнце представлялось мне как раскаленный огненный диск.

Чувствовалась бескрайность и легкость, было светло и хорошо. Внизу, подо мной, расстилались безбрежные просторы нашей Родины. Я ясно видел очертания Черноморского побережья,

Кавказские горы со снежными вершинами и солнечную погоду в районе города Сочи, Новороссийскую бухту. Потом я увидел красавицу Волгу, седой Урал, реки Обь и Енисей, большие лесные массивы. Так вне корабля я пролетел от Черноморского побережья до Сахалина со скоростью 28 000 км/ч. Смотрел я на эту красоту и думал: вот бы сюда настоящего художника!

А ведь наступит такой день, когда в открытом космосе побывает и художник. И наш эксперимент приблизил этот день.

Находясь вне корабля, я все время поддерживал связь по радио с командиром и Землей. Телевизионная система корабля обеспечила передачу на Землю всего процесса выхода в космос.

Выход из корабля в космическое пространство имеет большое практическое значение для более глубокого изучения космоса и для будущих межпланетных полетов.

Недалеко то время, когда в космическом пространстве будут летать орбитальные станции, человек будет проводить в открытом космосе научные и монтажные работы, собирать на орбите космические поезда для полетов к другим планетам.

Несмотря на сравнительную кратковременность моего пребывания в открытом космосе, мне удалось установить, что в специальном скафандре человек может выполнять многие координированные операции и производить различные виды работ.

Теперь с еще большим основанием мы можем сказать, что приближается время, когда от орбитальных полетов вокруг Земли люди перейдут к межпланетным полетам, побывают на Луне, Марсе, Венере, а может, и других планетах Солнечной системы.

Ответы Алексея Леонова на вопросы корреспондентов

Вопрос: Какое ощущение от невесомости в свободном плавании?

Ответ: Все так же, как и в корабле, но удобнее. Простор всем движениям. Дышать хорошо. Пожалуй, лучше даже, чем на Земле. Правда, скафандр несколько сопротивлялся изменению формы моего тела, сгибанию рук и ног. Поэтому нужны усилия, чтобы работать.

Вопрос: Не похоже ли плавание в космосе на плавание в воде?

Ответ: Нет! В воде чувствуешь обтекание тела, сопротивление среды. И тело надо держать в более или менее определенном положении. Здесь же — витаешь, как нравится. Я распростер, например, руки, ноги и повис. А подо мною — Земля.

Вопрос: Было что-либо неожиданное?

Ответ: Пожалуй, ничего. Все, что происходило со мной, вполне отвечало тому, что я представлял себе еще на Земле. Однако, пожалуй, была неожиданность: это отход самого корабля. Понимаете, когда я от него оттолкнулся, то почувствовал, что он как бы упруго пошел в противоположную сторону. По механике так и должно быть, но ощущение незнакомое.

Прошло менее 20 лет со дня выхода в открытый космос Алексея Архиповича Леонова, и для космонавтов это стало «штатной операцией». Космонавты выходят в космос для работы и исследований: Владимиру Ляхову и Валерию Рюмину пришлось освобождать от сетки радиоантенны станции «Салют-6»; Юрий Романенко и Георгий Гречко, Владимир Коваленок и Александр Иванченков, Анатолий Березовой и Владимир Лебедев проводили осмотр станции, демонтаж и частичную замену научной аппаратуры, установленной на внешней поверхности станции; Светлана Савицкая испытывала прибор по резке и сварке металла. Одновременно продолжаются и испытания скафандров, и отработка действий космонавтов вне станции.

В ходе 150-суточного полета на борту орбитального научно-исследовательского комплекса «Салют-7» — «Союз» космонавты Владимир Ляхов и Александр Александров дважды (1 и 3 ноября 1983 г.) совершали выход в открытый космос для установки двух дополнительных солнечных батарей (возникла необходимость увеличить мощность системы электропитания комплекса). Общая продолжительность пребывания в открытом космосе составила 5 ч 45 мин. Такая работа в космосе осуществлялась впервые (в рассказах о работе космонавтов очень часто звучит слово «впервые»). Поэтому еще на Земле тщательно отрабатывалась каждая операция, тренировки проводились в гидробассейне (моделирование невесомости в воде в какой-то степени похоже на реальные условия работы в космосе). Когда в космосе Александров и Ляхов монтировали солнечные батареи, одновременно аналогичную работу в гидробассейне выполняла дублирующая группа. В случае затруднений они могли оказать помощь своими рекомендациями.

Монтажные работы в открытом космосе подтвердили перспективность разработанной технологии сборки крупногабаритных конструкций в открытом космосе.

Глава IV

ГИДРО- И АЭРОСТАТИКА

ЗАКОН ПАСКАЛЯ

По книге Е. Н. Соколовой «Юному физику»

Если выстрелить из ружья, применяемого в тирах, в круто сваренное яйцо, то пуля пробьет в нем только сквозное отверстие, остальная часть останется целой. Если выстрелить в сырое яйцо, то оно разобьется вдребезги. Такое же явление наблюдается при стрельбе в банку, сначала пустую, а затем наполненную водой. Банка, наполненная водой, при попадании пули разбивается на мелкие части. Почему так происходит?

Ответить на этот вопрос позволяет закон Паскаля:

«Давление, производимое на жидкость или газ, передается без изменения в каждую точку жидкости или газа».

Содержимое сырого яйца и вода в стеклянной банке передают давление при ударе пули во все стороны одинаково, т. е. иначе, чем твердое тело, которое передает давление только в одном направлении, а именно в том, в котором действует сила.

Задание 14

Закон Паскаля можно продемонстрировать, пользуясь любым пластмассовым флаконом, например из-под шампуня.

В боковых стенках флакона проколите отверстия. Опустите его в воду и дайте наполниться водой. Затем закройте горлышко пробкой, выньте сосуд из воды и слегка надавите на боковые стенки. Из всех отверстий будут бить струйки воды (рис. 30).

Для этого опыта можно использовать и полиэтиленовый пакет. Продумайте, как осуществить опыт, и проделайте его.

СООБЩАЮЩИЕСЯ СОСУДЫ

По книге Е. Н. Соколовой «Юному физику»

Сосуды, имеющие между собой сообщение или общее дно, называют *сообщающимися.* В жизни часто встречаются такие сосуды. Различные чайники, водомерные стекла при паровых котлах — все это примеры сообщающихся сосудов.

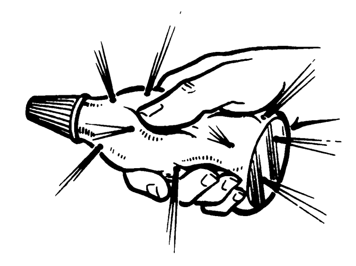


Рис. 30

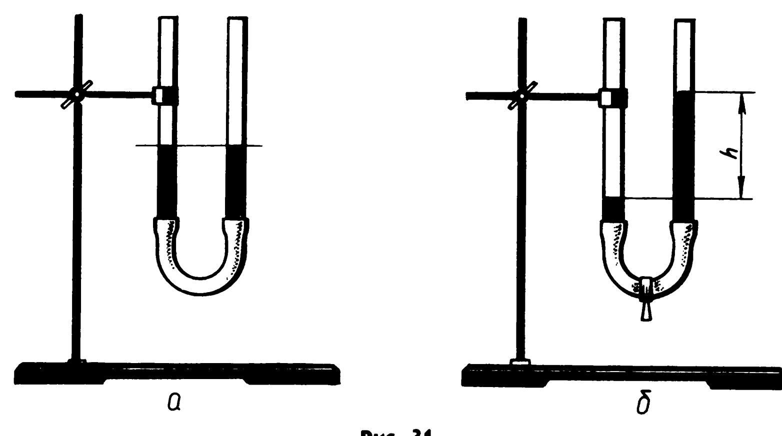


Рис. 31

Свободные поверхности покоящейся жидкости в сообщающихся сосудах любой формы находятся на одном уровне. Вода, налитая в лейку, в чайник, заполняет и носик этих сосудов, и их расширенную часть до одинаковой высоты. Это происходит потому, что равные по высоте столбы одинаковой жидкости производят одинаковые давления (рис. 31, *а*).

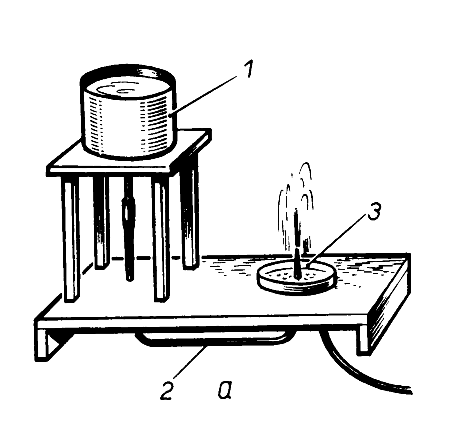
Если жидкость в сообщающихся сосудах находится на разных уровнях (это можно сделать, поставив между сообщающимися сосудами перегородку или зажим и долив жидкость в один из сосудов; рис. 31, *б*), то создается *напор жидкости*. Напор показывает, какое давление производит вес столба жидкости высотой, равной разности уровней. Под действием этого давления жидкость, если убрать зажим, будет перетекать в тот сосуд, где уровень ее ниже, до тех пор, пока уровни не сравняются.

Естественным напором обладает вода, падающая с высоты, например в горных речках, у плотины. Чем выше плотина, тем больше будет напор воды, поднятой плотиной.

В технике часто напором воды называют разность уровней воды в сообщающихся сосудах. Чтобы понять, почему говорят «напор воды 5 м», а не «напор, создаваемый столбом воды высотой 5 м», рассчитаем, какое давление оказывает столб воды высотой 5 м. Давление столба жидкости определяется по формуле

$$p = \rho g h, \text{ где } \rho = 1000\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},\ g = 9{,}8\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}},\ h = 5\ \text{м}.$$

Тогда $p = 1000\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 9{,}8\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 5\ \text{м} \approx 50\,000\ \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \approx 5\ \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$.



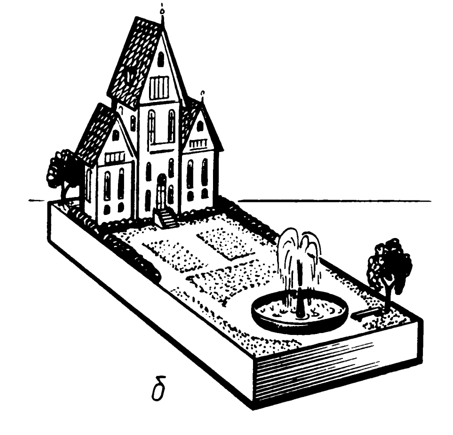


Рис. 32

Отсюда видно, что давление столба воды (в $\frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$) выражается тем же числом, что и высота этого столба (в м). Поэтому иногда и говорят, что *напор воды* — это высота столба воды, равная разности уровней.

Приведенные выше вычисления показывают также, что такое определение напора справедливо не для всех жидкостей, а только для воды.

Задание 15

Используя свойства сообщающихся сосудов, можно построить модель фонтана (рис. 32). Для этого необходимы резервуар с водой, например широкая банка *1*, резиновая или стеклянная трубка *2*, бассейн из низкой жестяной банки *3*. Устройство фонтана и его оформление показано на рисунке 32.

Чем выше поднят резервуар и тоньше выходное отверстие, тем выше будет бить струя воды. Поэтому для фонтана лучше использовать пипетку, сняв с нее резинку.

Задание 16

Объясните принцип действия указателя объема топлива в баке самоходного комбайна по рисунку 33, где *1* — бак, *2* — указатель уровня горючего.

Пользуясь рисунком, определите объем горючего. Указатель объема топлива градуирован с интервалами в 5 л (цена деления).

Задание 17

Рыбак для хранения живой рыбы отделил часть лодки, поста-

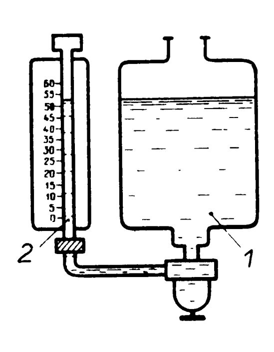


Рис. 33

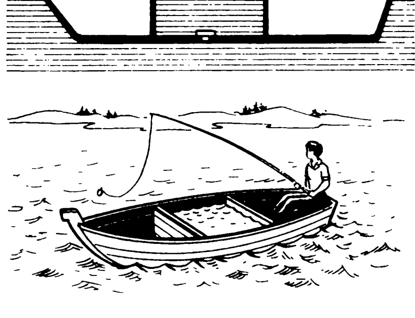


Рис. 34

вив вертикальные перегородки, и в отгороженной части сделал отверстие в дне (рис. 34).

Не зальет ли лодку и не потонет ли она, если опустить ее в воду? Обоснуйте ответ и проверьте его с помощью модели такой лодки, которую можно сделать из консервной банки.

Задание 18

Шлюз. Летом в пионерском лагере или на даче вместе с друзьями вы можете на ручье построить плотину и шлюз.

Плотину построить несложно. Для этого перегородите ручей куском фанеры или доской (рис. 35). А для шлюза рядом с плотиной прокопайте неширокую канаву. Глубина ее должна быть такая, как и ручья ниже плотины. Канава соединит «водохрани-

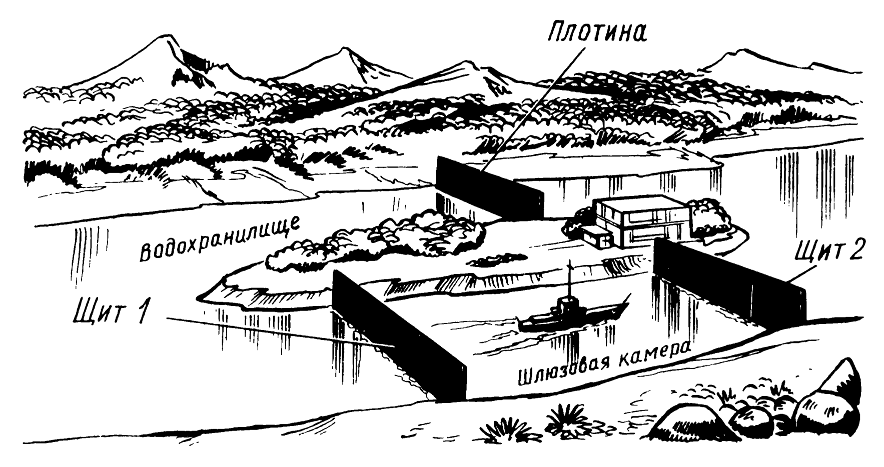


Рис. 35

лище» перед плотиной с нижним течением. По ней вода пошла бы в обход плотины, но этому помешают «шлюзовые ворота». Перегородите канаву двумя щитами, установив их на некотором расстоянии один от другого. Они и будут *шлюзовыми воротами*. Между щитами образуется изолированный участок канала. Это *шлюзовая камера*. Уровень воды в камере можно изменять. Приоткрыв шлюзовые ворота (щит *2*) вы сможете выпустить воду из камеры, так как по закону сообщающихся сосудов уровень ее сравняется с уровнем нижнего течения ручья. Закрыв нижний щит *2* и открыв верхний *1*, вы впустите в камеру воду, так как она, по закону сообщающихся сосудов, постепенно заполнит камеру до уровня «водохранилища».

Плотина препятствует движению водного транспорта. Для прохода судов используют *шлюзы*. Рассмотрим, как позволяет шлюз осуществить движение кораблика по ручью.

Когда шлюзовые ворота *1* закрыты, а *2* открыты, уровень воды в шлюзовой камере равен уровню воды в нижнем течении ручья (после плотины). Кораблик, находящийся ниже плотины, войдет в шлюзовую камеру. Закройте ворота *2* и откройте ворота *1*. Постепенно уровень воды в шлюзовой камере повысится до уровня воды в «водохранилище», и кораблик беспрепятственно сможет продолжить свой путь.

АТМОСФЕРА ЗЕМЛИ

По книге Г. И. Мишкевича «Мастер-невидимка»

> Атмосфера оживляет Землю. Океаны, моря, реки, ручьи, леса, растения, животные, человек — все живет в атмосфере и благодаря ей. Земля плавает в воздушном океане; его волны омывают как вершины гор, так и их подножия; а мы живем на дне этого океана, со всех сторон им охваченные, насквозь им проникнутые... Не кто иной, как она покрывает зеленью наши поля и луга, питает и нежный цветок, которым мы любуемся, и громадное, многовековое дерево, запасающее работу солнечного луча для того, чтобы отдать нам ее впоследствии.
>
> *Камилл Фламмарион*

Так писал об атмосфере французский астроном XIX в. Камилл Фламмарион.

Что же представляет собой этот воздушный океан, на дне которого мы живем?

Исследованием атмосферы ученые занимались давно. Правда, долгое время они могли определять температуру, давление, влажность только нижнего слоя. Постепенно разрабатывались способы изучения и верхних слоев. Это были *косвенные* способы: ведь человек еще не мог проникнуть в космические дали или отправить туда летающую лабораторию.

Косвенных методов изучения атмосферы было разработано много. Расскажем коротко об одном из них — *метеорном*. Дело в том, что метеорные тела, врезаясь с огромной скоростью (до 70 км/с) в плотные слои атмосферы, тормозятся ею, сильно раскаляются и начинают светиться. По тому, как быстро метеорное тело теряет свою скорость, судят о плотности верхних слоев атмосферы. С помощью метеорного способа удалось узнать, например, что плотность воздуха на высоте 125 км составляет одну стомиллирдную долю плотности воздуха вблизи поверхности Земли.

Подлинная революция в деле изучения атмосферы произошла, когда для исследования верхних слоев стали применять ракеты и искусственные спутники Земли. С помощью ракет приборы для определения температуры, влажности, давления и других параметров можно было поднимать на такие высоты, которые недоступны шарам-зондам и стратостатам.

По своему строению воздушный океан напоминает дом. У него тоже есть свои «этажи».

Первый «этаж» — *тропосфера*. Он получил свое название от греческого слова «т р о п о с» — *поворот*. Этот слой простирается в среднем до 11 км над уровнем моря, и температура в нем с высотой уменьшается. В тропосфере сосредоточено около $^4/_5$ всей массы атмосферы. Здесь находится почти весь водяной пар. Тропосфера — родина облаков. Большинство наблюдаемых нами явлений погоды образуется в этом слое.

Второй «этаж» — *стратосфера*. Его название происходит от латинского слова «с т р а т у м» — *настил, слой*. Второй «этаж» располагается между 11-м и 55-м км над уровнем моря. Стратосфера по массе составляет $^1/_5$ часть атмосферы. Здесь — царство стужи, с приблизительно постоянной температурой 40 °C ниже нуля. Тут лишь иногда появляются перламутровые облака, состоящие из мельчайших кристалликов льда и капель переохлажденной воды. Небо стратосферы черного или темно-фиолетового цвета.

Третий «этаж» — *мезосфера* (от греческого «м е з о» — *сред-*

ний, промежуточный). Этот слой занимает пространство между 55-м и 80-м км от Земли. Воздух здесь сильно разрежен. Давление его составляет примерно $\frac{1}{25\,000}$ долю нормального атмосферного давления. Именно в этом слое находится газ *озон*, который защищает все живое на Земле от губительного действия ультрафиолетовых лучей Солнца. Иногда в мезосфере появляются туманообразные серебристые облака, которые видны только в сумерках.

Четвертый «этаж» — *термосфера* (от греч. «термо» — *тепло, жар*). Воздух в термосфере еще сильнее разрежен. Частицы движутся с такими большими скоростями, которые имеют молекулы при температурах 1000—2000 °С.

Пятый «этаж» — *экзосфера* (от греч. «экзо» — *снаружи, вне*), т. е. *внешняя* оболочка атмосферы. Высота этого слоя 500—600 км. Воздух здесь разрежен еще сильнее, чем в термосфере. Экзосферу называют также «слоем рассеяния», потому что молекулы воздуха здесь, двигаясь с огромными скоростями, иногда улетают в межпланетное пространство.

Выходит, наша атмосфера как бы испаряется? Не выкипит ли она вовсе? Да, атмосфера Земли постепенно улетучивается, но опасаться нечего: воздуха хватит еще на многие миллиарды лет!

А вот небесные тела, на которых сила тяжести значительно меньше, чем на Земле (например, на Меркурии сила тяжести в 2,5, а на Луне в 6 раз меньше, чем на Земле), уже распрощались со своей атмосферой.

Советским космонавтам удалось посмотреть, как выглядит атмосфера Земли со стороны. Вот как описывал увиденное сквозь иллюминаторы корабля «Восток-2» летчик-космонавт Герман Степанович Титов: «Горизонт Земли окружен ореолом нежно-голубого цвета, который постепенно темнеет, становясь бирюзовым, синим, фиолетовым и, наконец, переходит в черный цвет...» Таков воздушный океан, на дне которого мы живем.

Интересно знать

Атмосфера Земли состоит из смеси газов. Если удалить из воздуха влагу и частицы пыли, то сухой воздух вблизи земной поверхности содержит (от общего объема) 78,09% азота, 20,95% кислорода, 0,93% аргона, 0,03% углекислого газа. Остальных газов в воздухе очень мало. К ним относятся водород, неон, гелий, криптон, радон, ксенон и др.

Исследования показали, что до высоты около 100 км состав атмосферы существенно не меняется.

Для измерения температуры воздуха на различные высоты с помощью аэростатов поднимались:

1802 г. — немецкий ученый Александр Гумбольдт,

1804 г. — русский академик Я. Д. Захаров,

1804 г. — французский физик Гей-Люссак.

В СССР первый полет в стратосферу был совершен 30 сентября 1933 г. Стратостат «СССР-1», пилотируемый Г. А. Прокофьевым, К. Д. Годуновым и Э. К. Бирнбаумом, поднялся на рекордную для того времени высоту 19 км.

Другой советский стратостат «Осоавиахим-1» 30 января 1934 г. с пилотами А. Б. Васенко, П. Ф. Федосеенко и И. Д. Усыскиным достиг 22 км. При спуске стратостата экипаж погиб, но записи научных наблюдений сохранились.

Задание 19

Наблюдение за изменением атмосферного давления по барометру. Имея барометр или пользуясь школьным барометром, проведите наблюдения за изменением атмосферного давления в течение некоторого промежутка времени, например за неделю, за 10 дней, за месяц.

Запись результатов наблюдений может быть различной по форме, например графической, как показано на рисунке 36.

Одновременно с изменением атмосферного давления можно вести и «календарь погоды» (как вы это делали на уроках природоведения).

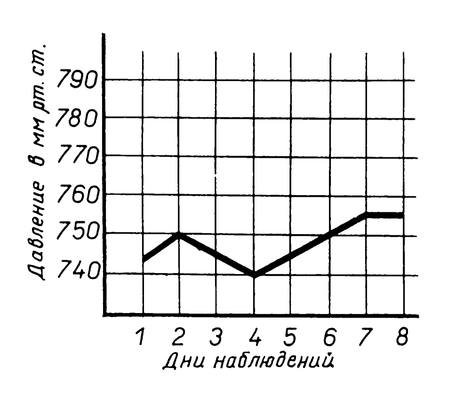


Рис. 36

Проследите, связаны ли изменения погоды с изменением атмосферного давления.

Задание 20

Одинаковы ли показания барометра в закрытом помещении и на открытом воздухе?

Чтобы ответить на этот вопрос, два ученика измерили атмосферное давление в кабинете физики на четвертом этаже и во дворе школы. Оказалось, что

давление во дворе больше, чем в кабинете. На основании этого опыта ученики сделали вывод, что давление в помещении меньше, чем на открытом воздухе.

Правы ли ученики? Ответ обоснуйте и проверьте на опыте.

ОПЫТ ОТТО ФОН ГЕРИКЕ

По книге Г. И. Мишкевича «Мастер-невидимка»

Много и плодотворно изучением атмосферного давления занимался Отто фон Герике — бургомистр города Магдебурга. Он был образованным человеком: прошел курс наук в Иене и Лейпциге, изучал физику, математику, юридические науки.

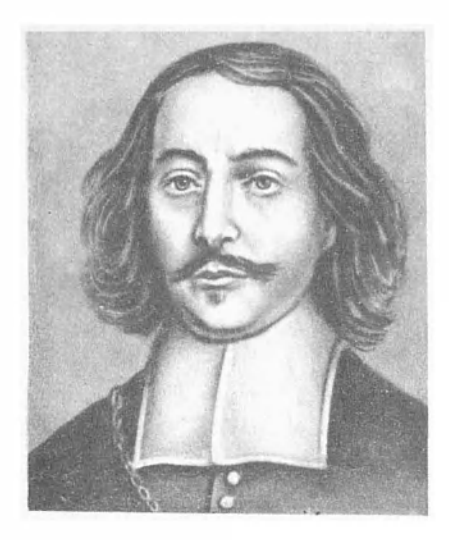
В мае 1654 г. Отто фон Герике поставил опыт (рис. 37), который явился важным этапом в деле изучения атмосферы.

Для опыта подготовили два металлических полушария, одно с трубкой для откачивания воздуха. Их сложили вместе, между ними поместили кожаное кольцо, пропитанное расплавленным воском. С помощью насоса откачали воздух из полости, образовавшейся между полушариями. На каждом из полушарий имелось прочное железное кольцо. Две восьмерки лошадей, впряженных в эти кольца, потянули в разные стороны, пытаясь разъединить полушария, но это им не удалось. Когда внутрь полушарий впустили воздух, они распались без внешнего усилия.

1 октября 1963 г. в городе Магдебурге, на родине великого естествоиспытателя, в связи с десятилетием со дня основания



Рис. 37.
Опыт Отто фон Герике, доказывающий существование атмосферного давления.



Отто фон Герике (1602—1686) — немецкий физик, изобретатель воздушного насоса, с помощью которого он осуществил ряд опытов, в том числе с «магдебургскими полушариями», водяного барометра, гигрометра. Герике построил одну из первых электростатических машин и с ее помощью обнаружил явление электрического отталкивания.

Магдебургской Высшей технической школы имени Отто фон Герике на площади перед ратушей был полностью повторен исторический опыт с полушариями.

Изготовили медные полушария, кожаное кольцо, древний насос — все, как в 1654 г. Все действующие лица надели костюмы XVII столетия. «Конюхи», облаченные в старинные одежды, вывели на площадь лошадей. Сперва четыре, потом восемь и, наконец, шестнадцать лошадей пытались разорвать полушария — и все напрасно! Только после того, как девочка-школьница повернула кран и впустила внутрь полушарий воздух, они сами собой распались.

Так благодарные потомки магдебургского бургомистра отметили дату создания технической школы, носящей его имя.

Какая же сила сжимала полушария? Какие «обручи» сдавливали шар, противодействуя силе коней?

Вы теперь знаете, что это было действие атмосферы. Чем больше воздуха выкачивали из полого шара, тем сильнее сжимались снаружи полушария атмосферным давлением, которое, оставаясь постоянным, тем больше превышало давление внутри шара, чем меньше там оставалось воздуха. Проникнуть внутрь шара воздуху мешало пропитанное воском кожаное кольцо.

Знаете ли вы, что

....«магдебургские полушария» имеются у каждого человека: головки бедренных костей удерживаются в тазовом суставе атмосферным давлением.

Задание 21

Повторение опыта Герике. Для этого опыта понадобится два стакана, огарок свечи, немного газетной бумаги и ножницы.

Поставьте зажженный огарок в один из стаканов. Вырежьте из нескольких слоев газетной бумаги круг диаметром немного бо́льшим, чем внешний край стакана. Затем вырежьте середину круга таким образом, чтобы большая часть отверстия стакана оставалась открытой. Смочите бумагу водой, полученную эластичную прокладку положите на верхний край первого стакана. Осторожно поставьте на прокладку перевернутый второй стакан и прижмите его к бумаге так, чтобы внутреннее пространство обоих стаканов оказалось изолированным от внешнего воздуха (рис. 38). Свеча вскоре потухнет. Теперь, взявшись рукой за верхний стакан, поднимите его. Нижний стакан как бы прилип к верхнему и поднялся вместе с ним. Почему это произошло?

Огонь нагрел воздух, содержавшийся в нижнем стакане, воздух расширился и часть его вышла из стакана. Когда вы медленно приближали к первому стакану второй, содержащийся в нем воздух тоже нагрелся и часть его вышла наружу. Значит, когда стаканы были плотно придавлены один к другому, в них было меньше воздуха, чем до начала опыта. Свеча потухла, как только был израсходован весь содержащийся в обоих стаканах кислород.

После того как оставшиеся внутри газы остыли, давление их уменьшилось, а атмосферное давление снаружи осталось неизменным. Оно и придавило стаканы, а точнее, разность между атмосферным давлением и давлением газов внутри стаканов.

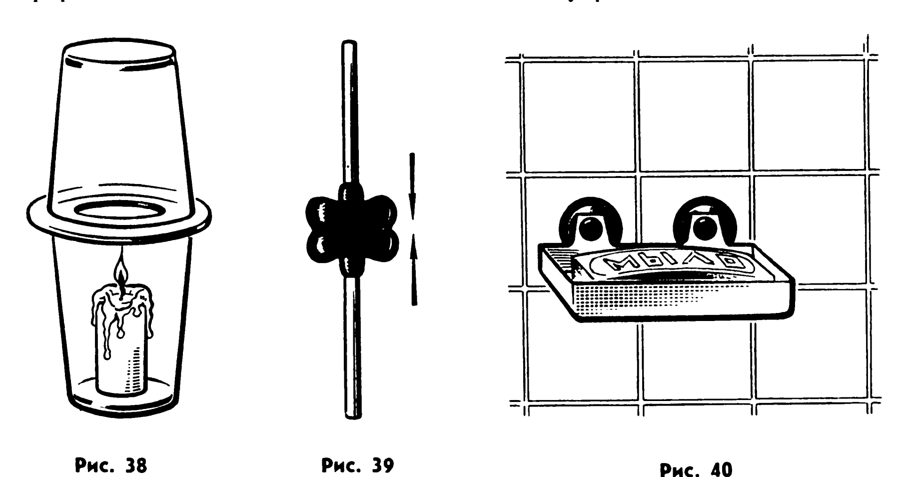


Рис. 38 **Рис. 39** **Рис. 40**

Повторить опыт Герике можно и с помощью двух *вантузов*. Вантуз — приспособление, которое обычно употребляется для продувки засорившихся канализационных труб.

Два вантуза сложите чашками, плотно прижимая одну к другой так, чтобы внутри осталось как можно меньше воздуха (рис. 39). Затем, отпустив их, попытайтесь разнять чашки рывком. Давление наружного воздуха сильно прижмет их одну к другой, так как воздух, оставшийся внутри чашек, будет производить давление меньше наружного.

Аналогичным способом можно прилепить вантуз к стене.

На этом же явлении основано удерживание на стене мыльниц на присосках (рис. 40).

ВОЗДУХ «РАБОТАЕТ»

По книге Г. И. Мишкевича «Мастер-невидимка»

Рассказ первый

Есть великие изобретения, рождавшиеся дважды. К их числу принадлежит и изобретение *пневматической* (т. е. заполненной сжатым воздухом) шины.

Колесо с пневматической шиной изобрел в 1845 г. английский инженер Томсон. Но его открытие было вскоре забыто: экипажи той поры довольствовались колесами с железными или, в крайнем случае, сплошными каучуковыми шинами. Автомобиля — этого главного потребителя пневматических шин — еще не существовало.

Прошло 48 лет. И вот старую идею Томсона возродил другой изобретатель. Это был не инженер и даже не техник. Шотландский ветеринар Денлоп изобрел велосипедную шину, заполненную воздухом.

Пневматическая шина завоевала буквально весь мир. И произошло это потому, что более эластичных колес не существует. Никакая рессора или пружина не в состоянии соперничать с воздухом, заключенным в камере шины.

Каждый знает, как устроена *шина*. Она состоит из двух частей: наружной — *покрышки* и внутренней — *камеры*. Покрышка изготовлена из многих слоев особо прочной ткани — корда, пропитанного резиной. На внешней стороне покрышки имеются выступы в виде елочек, ребер или зигзагов, чтобы улучшить сцепление с дорогой (рис. 41). Эти выступы называются *протектором*.

Камера — это тонкая оболочка, изготовленная из высококачественной резины. Она снабжена *вентилем*, через который насос накачивает воздух. Вентиль — «дверь», открывающаяся только в одну сторону: она пропускает воздух внутрь камеры, но не выпускает его обратно.

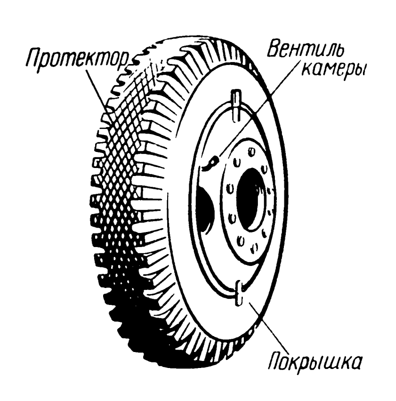


Рис. 41

Шофер присоединяет к вентилю шланг насоса и нагнетает в камеру воздух. Камеру легковой машины, например «Волги», можно накачать ручным или ножным насосом. Если же машина тяжелая, например многотонный грузовик, то приходится пользоваться *компрессором*, установленным в гараже или имеющимся на самой машине. Камера под давлением сжатого воздуха начинает раздуваться, но этому препятствует покрышка и обод колеса. Так возникает эластичная, упругая прослойка между дорогой и машиной.

Рассказ второй

Это случилось 20 июня 1916 г. Ледокол «Садко» шел по Кандалакшскому заливу Белого моря. Кипела за кормой седая пена, взбитая лопастями гребного винта.

И вдруг раздался страшный удар.

На полном ходу «Садко» ударился о подводный камень, пропорол днище и вскоре пошел ко дну.

Людям удалось спастись на шлюпках...

Целых семнадцать лет пролежал «Садко» на дне моря.

В 1933 г. на место гибели ледокола прибыли инженеры и водолазы, входящие в состав ЭПРОНа (т. е. «Экспедиции подводных работ особого назначения»). Одна за другой опускались на дно водолазные партии, чтобы обследовать затонувший на 25-метровой глубине ледокол.

Исследовали пробоину, установили ее расположение и размеры и тщательно заделали. Инженеры составили план подъема ледокола. Решено было поднять «Садко» с помощью... сжатого воздуха. Да, воздуха!

Под корпусом ледокола водолазы промыли в грунте 12 туннелей. В них протянули «полотенца» — толстые стальные полосы, охватившие дно корабля. Для подъема решено было исполь-

зовать 12 огромных цистерн, каждая вместимостью 250 м^3 и весом 500 кН. Такие цистерны, служащие для подъема затонувших кораблей, называются *понтонами*.

Все понтоны заполнили водой и утопили рядом с корпусом ледокола. Когда они легли на дно, их крепко-накрепко привязали стальными тросами к «полотенцам», концы которых высовывались из-под днища ледокола.

Когда все было готово, за подъем ледокола «взялся» сжатый воздух. Компрессоры погнали его по шлангам в цистерны. Под натиском сжатого воздуха они стали освобождаться от воды.

Отвлечемся на минуту и займемся расчетами, чтобы понять, как легкий воздух мог поднять со дна моря ледокол, весивший почти 20 000 кН.

Нам известно, что вместимость понтона 250 м^3. На каждый понтон действует выталкивающая сила, направленная вертикально вверх и равная весу воды объемом 250 м^3. Несложно рассчитать, что вес этой воды равен 2500 кН. Если учесть, что вес самого понтона 500 кН, то его подъемная сила равна

$$F_{\text{под}} = 2500\ \text{кН} - 500\ \text{кН} = 2000\ \text{кН}.$$

Всего понтонов 12. Их общая подъемная сила:

$$F_{\text{под}} = 2000\ \text{кН} \cdot 12 = 24\,000\ \text{кН},$$

т. е. понтоны могли поднять корабль весом около 24 000 кН.

Освобожденные от воды понтоны всплывали наверх и увлекали за собой судно.

Победа далась нелегко. Вот что писал в своих воспоминаниях участник спасательной экспедиции главный инженер ЭПРОНа Т. И. Бобрицкий: «Четыре аварии терпела на подъеме спасательная партия, пока не добилась успеха. Три раза, напряженно ожидая судно, мы видели вместо ледокола стихийно вырывающиеся наверх в хаосе волн и пены понтоны и разорванные, змеями извивающиеся шланги. Три раза показывался и снова исчезал в пучине моря ледокол, прежде чем всплыл и окончательно удержался на поверхности».

Рассказ третий

В 1504 г. английский мореплаватель Питер Мертир сообщил, что слышал от самого Колумба о странной рыбе — *прилипале*. Эта рыба с такой силой присасывается к акуле, что оторвать ее невозможно. На этот живой крючок в Австралии и до сих пор ловят акул и крупных рыб, а в Южной Америке — черепах.

С помощью рыбы-прилипалы вылавливали рыб массой до 18 кг.

Рыба в роли... рыболовного крючка (рис. 42), каково?!

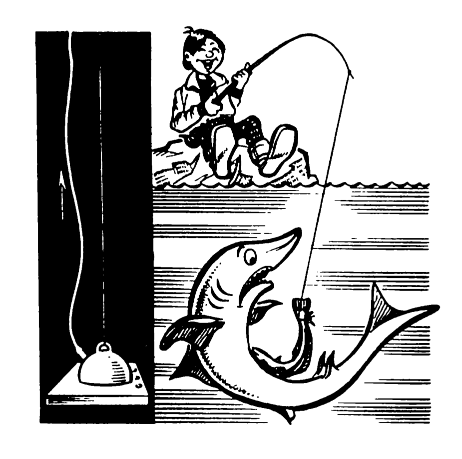


Рис. 42

Ничуть не хуже действуют и металлические «прилипалы» — вакуумные грузозахватные приспособления, созданные человеком. Присоски этих «прилипал» представляют собой металлические или резиновые чаши, подобные магдебургским полушариям. Присоски бывают диаметром от 50 до 600 мм; наибольшие из них поднимают груз массой до 700 кг. Достаточно откачать воздух из чаши, положенной, например, на лист стали, чтобы присоска стала своеобразным крюком подъемного крана. Ему все равно, какой груз поднимать: бочки, рулоны бумаги, доски. Присоединяя к телу несколько присосок, можно поднять «пустотой» груз массой до 10 т!

Мы рассказали о трех «работах» воздуха. Кроме этого, воздух может добывать уголь и пробивать туннель, завинчивать гайки и сверлить отверстия, стрелять, «укрощать» волны, доить коров, ткать и многое, многое другое.

Задание 22

Воздух может быть лекарем. При сильном кашле врач часто прописывает больному банки. Медсестра вносит в банку горящую ватку, смоченную эфиром, воздух в банке нагревается, расширяется и частично выходит наружу, внутри образуется разрежение (рис. 43, *а*).

В этот момент банку быстро прижимают к телу. Атмосферное давление вдавливает внутрь банки часть кожи с прилегающими к ней тканями. При этом создается усиленный приток крови именно к данному участку, что и является важнейшим лечебным фактором. Когда бан-

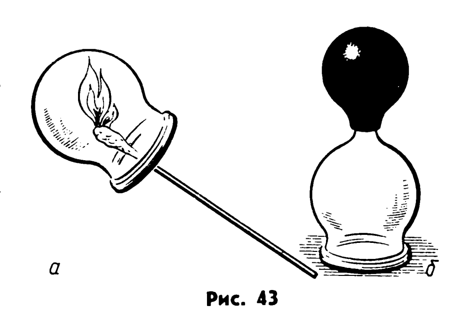


Рис. 43

ки снимают с тела, слышится характерный хлопок: это наружный атмосферный воздух врывается в нее.

На рисунке 43, *б* показана и другая конструкция банки. Попробуйте объяснить ее действие.

Со стаканом или банкой из-под варенья можно проделать опыт, который помогает понять принцип действия медицинских банок.

Вымойте стакан или банку горячей водой. Чем горячей вода, тем лучше получится опыт. Поставьте стакан вверх дном на клеенку и прижмите к ней. Через некоторое время вы увидите, как клеенка вздувается под стаканом.

Задание 23

Проделайте следующий простой опыт.

Вылейте на блюдце немного чая и дайте ему охладиться. Возьмите горячий стакан и опрокиньте его на блюдце. Спустя непродолжительное время весь чай из блюдца соберется под стаканом.

Проделайте и объясните опыт.

Задание 24

В каждом доме есть пластмассовые крышки для закупоривания банок. С помощью таких крышек можно так закрыть банку, что наружный воздух совсем не будет в нее попадать (закрыть герметично).

Посмотрите, как устроена крышка. Посередине ее толщина меньше, чем по краям. Материал крышек очень эластичен. От легкого нажатия крышка прогибается и, если прекратить нажим, тут же быстро выпрямляется.

Чтобы закрыть банку, надо крышку надвинуть на отверстие банки и ладонью нажать на середину. Слышится характерный хлопок, и крышка герметически закупоривается. Когда она прогибается, часть воздуха, содержащегося в банке, выходит, а когда выпрямляется, объем, занимаемый воздухом, увеличивается, при этом его давление уменьшается. Атмосферное давление плотно прижимает крышку. Результат будет еще лучше, если предварительно банку, а следовательно, и воздух в ней нагреть. Объясните почему.

ПОДВОДНЫЕ МАСТЕРА

По книгам Л. Я. Гальперштейна «Здравствуй, физика!», А. Нечаева «Чудеса без чудес», К. Золотовского «Подводные мастера»

Когда нужно сделать какую-нибудь работу под водой, например построить опору для моста, осмотреть и подготовить к подъему затонувшее судно, заделать пробоину в дне корабля и др., приходят на помощь *водолазы.* Они опускаются на дно в специальных костюмах — *скафандрах.* В этот костюм по шлангу накачивается воздух.

Но можно спуститься на дно (на небольшие глубины) и без такого специального костюма. Помогает этому... воздух.

Чтобы понять, как это осуществить, проделайте опыты:

Опыт 1. Опустите в сосуд с водой пустой стакан вверх дном. Вы увидите, что вода почти не войдет в стакан. Как вы думаете, что ей мешает?

Опыт 2. Поместите на поверхность воды пробку или другой плавающий предмет, на который можно поставить маленькую игрушку. Накройте плавающий предмет перевернутым вверх дном стаканом и опускайте стакан в воду, предмет тоже опустится на дно сосуда с водой, оставшись при этом сухим. Если под стаканом поместить игрушку (хорошо взять фигурку человека), то можно продемонстрировать спуск под воду без водолазного костюма (рис. 44).

Если сделать очень большой стакан, конечно, не из стекла, а из прочного сплава, то в него можно поместить человека и опустить под воду. В таком «стакане» человек будет сидеть, как у себя в комнате. Такие «стаканы» называли *водолазным колоколом.* Находясь в нем, человек может работать на речном или морском дне (рис. 45). По преданиям, в таком устройстве спускался под воду еще Александр Македонский.

Как вы думаете, каково давление воздуха в водолазном колоколе, опущенном на некоторую глубину,— равно атмосферному, больше или меньше его?

Почему для работ на большой глубине такие устройства применять нельзя?

Сейчас водолазные колокола почти не используют, но для некоторых работ, например для постройки опор моста, иногда на дно реки опускают кессон. Он представляет собой огромный перевернутый ящик из металла или железобетона.



Рис. 44

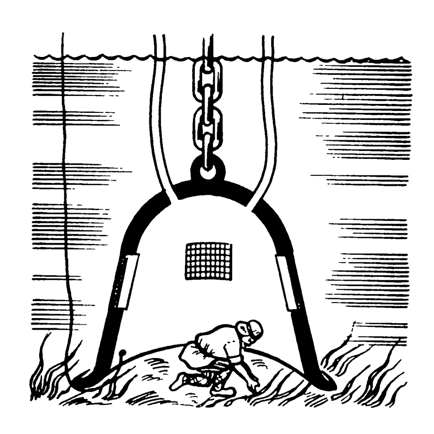


Рис. 45

Рабочие-кессонщики спускаются в него через двойную плотно закрывающуюся дверь. Снизу кессон открыт, и кессонщики могут свободно работать на дне. Воздуха, который находится в кессоне, для длительной работы недостаточно. Поэтому в него с поверхности по шлангу накачивают воздух. Давление, под которым накачивают воздух, должно быть больше атмосферного на давление, которое оказывает вода на той глубине, где работают кессонщики (вот вам и ответ на вопрос, поставленный выше).

Чаще подводные работы выполняют водолазы, одетые в специальные костюмы из водонепроницаемой ткани. Главная часть такого костюма — шлем, в котором имеются три круглых окошечка-иллюминатора с толстыми прозрачными стеклами. Со шлемом соединяется длинная резиновая трубка-шланг, по ней к водолазу поступает воздух. На ноги надевают водолазные калоши, носки которых обиты медью, а подошвы свинцовые, чтобы легче было перемещаться по дну (без этих добавочных грузов разность между весом водолаза и выталкивающей силой, действующей на него, будет очень маленькой, и положение водолаза на дне будет неустойчивым).

«ИЗОБРЕТАТЕЛЬ» ВОДОЛАЗНОГО КОЛОКОЛА — ПАУК

По книге Дж. Даррела «Гончие Бафута»

Однажды в детстве Даррелу удалось поймать водяного обитателя, с которым ему очень давно хотелось встретиться,— паука.

... Я был в восторге,— пишет он в книге,— мне уже приходилось читать об этих интересных пауках, самых, должно быть, необычных пауках в мире, так как они ведут совершенно удивительный, водный образ жизни. Паук был размером с полдюйма[1] и в чуть приметных серебристо-бурых крапинках. Я с торжеством посадил его в одну из своих жестяных банок и бережно понес домой.

Дома я отвел для него аквариум, набросал туда всяких веточек и водяных растений, посадил паука на выступавший из воды прутик и принялся наблюдать. Паук тотчас же спустился по прутику в воду, где сразу оделся в красивое, блестящее серебро, благодаря множеству воздушных пузырьков, приставших к его волосатому телу. Минут пять он бегал под водой, исследуя все веточки и листики, и, наконец, выбрал себе место для жилья.

Паук этот — истинный изобретатель водолазного колокола, и я, усевшись перед аквариумом, наблюдал, как он его создает. Сначала паук протянул между веточками несколько длинных шелковых прядей, служивших основными растяжками, потом уселся примерно посередине и начал плести плоскую паутину неправильной формы, более или менее обычного типа, только с ячейками помельче, так что она напоминала скорее тонкую ткань. Эта работа заняла у него почти два часа. Заложив основу для своего дома, паук должен был снабдить его теперь запасами воздуха. Для этого он стал совершать бесконечные рейсы к поверхности воды и выныривать на воздух. Когда паук возвращался, все его тело было в серебряных пузырьках. Он спешил вниз, садился под паутиной и начинал сметать с себя лапками пузырьки, которые тут же поднимались и останавливались под паутиной.

После пятого или шестого рейса все эти мелкие пузырьки слились в один большой пузырек. По мере того как паук добавлял туда все новые и новые порции воздуха, пузырь становился все больше, начинал давить на паутину, и вот, наконец, паук получил то, что ему нужно. Крепко расчаленный между веточками и водяными растениями, в воде возникал колокол, наполненный воздухом. Теперь это был дом паука, где он мог жить вполне спокойно, не имея нужды часто наведываться на поверхность, потому что воздух в колоколе, как мне было известно, пополнялся кислородом от водяных растений, а выделяемый пауком углекислый газ просачивался сквозь шелковые стены его домика.

---

[1] 1 дюйм равен 2,54 см.

Я глядел на этот удивительный образец мастерства и размышлял, как же сумел первый водяной паук (который только еще собирался стать водяным пауком) создать такой хитроумный образ жизни под водой.

Джеральд Даррел — известный английский ученый-натуралист, страстный защитник природы. Он является директором созданного им зоопарка, где находятся и куда продолжают поступать животные, которым грозит истребление. Многих из них он сам ездил отлавливать в Африку. Джеральд Даррел написал много интересных книг о животных.

Задание 25

Придумайте простейшее приспособление для дыхания под водой.

Объясните, почему затруднительно плавание даже на незначительной глубине с очень простым приспособлением для дыхания — с резиновой трубкой, один конец которой во рту у ныряльщика, а другой, открытый,— на поверхности воды.

ИССЛЕДОВАНИЯ МОРСКИХ ГЛУБИН

Водолазный колокол сильно ограничивал передвижение под водой. Поэтому изобретение водолазного костюма в конце XIX в. было большим шагом в деле изучения подводного мира. Водолазные скафандры позволяли человеку более свободно работать под водой и погружаться на глубину до 200 м. Но и в скафандре водолаз находился в очень сильной зависимости от источника дыхания, расположенного на поверхности: воздух подавался ему по резиновому шлангу ограниченной длины.

В начале 40-х гг. XX в. известными французскими учеными Ж. И. Кусто и Э. Ганьяном был изобретен *акваланг*. Он открыл дорогу в море спортсменам-подводникам, археологам, исследователям морской флоры и фауны, геологам, океанологам и многим другим. Однако акваланг не решил всех проблем. В нем нельзя погружаться на большие глубины.

Начать освоение больших глубин помогла *батисфера* — стальная камера шарообразной формы с герметичным входным люком и несколькими иллюминаторами из прочного стекла. Опускается батисфера с надводного судна на надежном стальном тросе. Запас воздуха хранится в баллонах, а углекислый газ и водяные пары поглощаются специальными химическими

веществами. В 1934 г. американцы У. Биб и О. Бартон спустились в батисфере «Век прогресса» на рекордную для того времени глубину — 923 м.

В конце 40-х гг. швейцарский ученый О. Пиккар построил новый подводный аппарат — *батискаф*, который мог самостоятельно погружаться, всплывать с больших глубин и передвигаться во всех направлениях. Состоит батискаф из двух частей: легкого корпуса-поплавка, заполненного бензином, и прочного стального шара-гондолы. Бензин в батискафе играет ту же роль, что гелий или водород в воздушном шаре,— создает подъемную силу. Если часть бензина выпустить из поплавка, подъемная сила батискафа уменьшится — и он начнет опускаться. Для подъема предусмотрены емкости с балластом. Им является стальная дробь, которая удерживается электромагнитами и может сбрасываться по мере надобности. Под водой батискаф приводят в движение электродвигатели, которые питаются от аккумуляторных батарей.

В 1953 г. О. Пиккар и его сын Ж. Пиккар спустились в батискафе «Триест» на глубину 3160 м. А в январе 1960 г. Ж. Пиккар и американец Д. Уолш в том же батискафе, только усовершенствованном, достигли дна Марианской впадины в Тихом океане на глубине 10 912 м. Батискаф пока остается единственным средством исследования предельных глубин океана, где, несмотря на огромное давление, существует жизнь.

Но широкое освоение океана — это не только рекордные погружения на большие глубины. Таких точек в океанах немного. Главные его тайны и богатства скрыты на средних глубинах — от нескольких десятков метров до 2—3 км. И здесь вместо малоподвижных батисфер и батискафов нужны маневренные аппараты, оснащенные современными приборами.

Такими аппаратами являются научно-исследовательские *подводные лодки*. Первая из них — советская подводная лодка «Северянка». Специально для морских научных исследований создаются лодки-малютки, например двухместная лодка «Алвин» в США или «Север-2» в СССР, достигающие глубины 2 км. В нашей стране серийно выпускается самоходный аппарат ТИНРО-2, предназначенный для подводных исследований и рыбной разведки. Одна из его особенностей — способность длительное время неподвижно висеть над исследуемым объектом.

Проходит испытание и еще более совершенный дискообразный подводный аппарат ОСА-3. Он может мгновенно останав-

ливаться и тут же мгновенно, не разворачиваясь, менять направление движения, противостоять морскому течению. ОСА-3 снабжен телевизионными установками для наблюдений во всех направлениях и механическими руками-манипуляторами, которые берут образцы грунта, флоры и фауны и проводят другие работы.

Во многих странах создаются подводные аппараты на колесах для передвижения по дну — *аквамобили.*

АРХИМЕД О ПЛАВАНИИ ТЕЛ

По книге И. Н. Веселовского «Архимед»

> Мы обязаны Архимеду фундаментом учения о равновесии жидкостей.
>
> *Ж. Лагранж*

Архимед, величайший древнегреческий ученый, математик, физик, изобретатель, родился в 287 г. до н. э. в Сиракузах, на острове Сицилия. Он прославился многочисленными научными трудами, главным образом в области геометрии и механики.

Последние три года жизни Архимеда Сиракузы были осаждены римскими войсками и флотом. По словам историков, Архимед для защиты города изобретал удивительные орудия и приспособления, которые губили римлян и наводили на них суеверный страх.

В 212 г. до н. э. Сиракузы были взяты. Римский военачальник приказал не убивать Архимеда. Но Архимед был убит солдатом, не знавшим его в лицо. Рассказывают, что Архимед сидел, задумавшись над чертежом, сделанным на песке, и хотел остановить солдата, крикнув: «Не наступи на мои чертежи...»

После Архимеда осталось мало трудов, но каждый из них до сих пор имеет большое практическое значение.

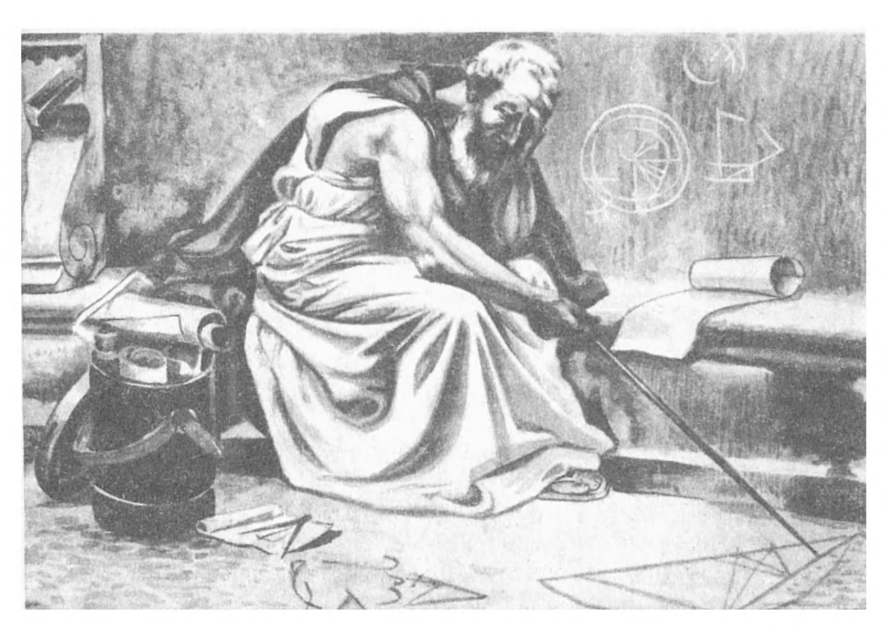
Одним из таких трудов Архимеда является сочинение «О плавающих телах». Вот основные положения теории плавания тел в формулировке Архимеда:

«Тела, равнотяжелые с жидкостью[1], будучи опущены в эту жидкость, погружаются так, что никакая их часть не выступает над поверхностью жидкости» .

«Тело, более легкое, чем жидкость, будучи опущено в эту жидкость, не погружается целиком, но некоторая часть его остается над поверхностью жидкости».

---

[1] Слова «равнотяжелые с жидкостью» в современной терминологии означают, что плотности тела и жидкости, в которую опущено это тело, одинаковы.



Архимед сидел, задумавшись над чертежом, сделанным на песке.

«Тело, более легкое, чем жидкость, будучи опущено в эту жидкость, погружается настолько, чтобы объем жидкости, соответствующий погруженной части тела, имел вес, равный весу этого тела».

«Тела, более легкие, чем жидкость, опущенные в эту жидкость насильственно, будут выталкиваться вверх с силой, равной тому весу, на который жидкость, имеющая равный объем с телом, будет тяжелее этого тела».

«Тела, более тяжелые, чем жидкость, опущенные в эту жидкость, будут погружаться, пока не дойдут до самого низа, и в жидкости станут легче на величину веса жидкости в объеме, равном объему погруженного тела».

«Если какое-нибудь тело, более легкое, чем жидкость, опустить в эту жидкость, то оно по тяжести будет находиться в том же отношении с жидкостью, какое погруженный объем имеет ко всему объему».

Интересна история о том, как сочинение «О плавающих телах» дошло до нас. Очень долго оно было известно только в латинском переводе. Рукопись этого перевода была обнаружена в 1884 г. в Ватиканской библиотеке. Греческий же текст был найден только в 1905 г. При этом сохранилось около трех четвертей текста рукописи Архимеда; утраченный текст восполнялся по латинскому переводу.

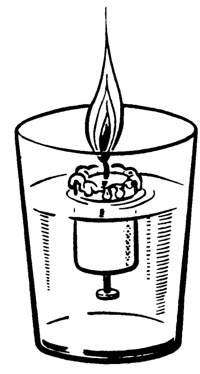


Рис. 46

Задание 26

Необходимо изготовить «плот» грузоподъемностью 3 Н. Материалом для «плота» может служить кусок деревянной доски или деревянные брусочки.

Рассчитайте, каких размеров должен быть этот «плот», чтобы он мог принять на «борт» груз 3 Н и не затонуть.

Полученный результат проверьте на опыте.

Задание 27

Зальет ли вода свечу? Для ответа на этот вопрос проделайте опыт. В стакан или банку налейте воды. В воду опустите огарок свечи длиной 7—8 см. Чтобы свеча плавала, сохраняя вертикальное положение, снизу воткните в нее кнопку или гвоздик. Добейтесь того, чтобы над поверхностью воды оставались только фитиль и краешек свечи. Зажгите фитиль (рис. 46). При этом свеча будет плавиться, становясь все меньше и меньше. Зальет ли вода свечу?

Проверьте это на опыте и объясните наблюдаемое явление.

Задание 28

Весы из палки. Для этих весов понадобится высокая стеклянная банка с водой и круглая палочка длиной 20—30 см из какого-нибудь легкого дерева: сосны, тополя, липы, осины. К верхнему концу палки прибейте одним гвоздиком кружок из картона. Это будет чаша весов.

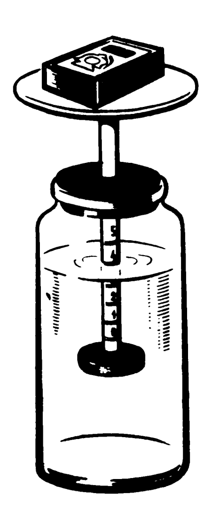


Рис. 47

Чтобы палка не опрокидывалась, прикрепите к нижнему ее концу грузило: гайку, болт, кусок свинцового кабеля. Вес грузила подберите так, чтобы палка стояла ровно и не погружалась в воду больше, чем на 2/3 высоты (рис. 47). Весы готовы. Осталось их проградуировать — нанести деления.

Отметьте на палке до какого места доходит вода. Это будет нулевое деление, что означает «груза нет». Положите на весы пятикопеечную монету. Палка опустится немного глубже. Почему? Нанесите второе деление.

Так, продолжая нагружать весы пятикопеечными монетами, делайте отметки. Какова цена деления (в ньютонах) изготовленной вами шкалы, если масса пятикопеечной монеты равна 5 г?

Конечно, эти весы годятся только для грузов небольшой массы.

Задание 29

Земные и лунные ареометры. Двое учащихся поспорили. Один сказал, что космонавтам нужно будет изменить шкалу земного ареометра — увеличить цену деления в 6 раз, когда ареометром придется пользоваться на Луне, потому что сила тяжести на Луне в 6 раз меньше, чем на Земле.

Другой доказывал, что земным ареометром можно пользоваться на любой планете, так как при изменении веса ареометра в несколько раз во столько же раз изменится и вес вытесняемой им воды.

Кто же из них прав?

Задание 30

Плотность воды зависит от температуры. Проделайте простой опыт, доказывающий, что плотность воды зависит от температуры.

Возьмите яйцо, из которого аккуратно выпустите содержимое через маленькое отверстие в остром конце. Залепите дырочку воском или пластилином. Прикрепите к воску на нитке или проволоке груз. Опустите этот «прибор» в высокую банку с водой комнатной температуры. Груз должен быть подобран так, чтобы он удерживал скорлупу у дна банки (рис. 48).

Если вы вынесете банку ненадолго на мороз, то увидите, что через некоторое время, когда вода охладится, «прибор» всплывет. Однако вскоре он начнет опускаться. Когда скорлупа займет первоначальное положение, внесите банку в комнату. Скорлупа опять поднимется наверх, а затем опустится вниз.

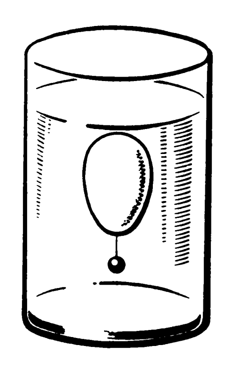


Рис. 48

В чем же дело? Загадка объясняется просто. Вода имеет наибольшую плотность при $+4°$/С. На морозе температура воды понижается и плотность воды увеличивается до тех пор, пока температура не дойдет до $+4°$ С. Благодаря повышению плотности воды скорлупа всплывает, поскольку увеличивается действующая на нее выталкивающая сила.

При дальнейшем понижении температуры (ниже +4 °C) плотность воды становится меньше и скорлупа снова опускается.

Как только вы внесете банку в теплую комнату, повышение температуры воды до +4 °C приведет к увеличению ее плотности, и скорлупа всплывет.

Дальнейшее повышение температуры (свыше +4 °C) снова приведет к уменьшению плотности, и скорлупа станет тонуть.

При проведении опыта интересно измерять температуру воды при различных положениях скорлупы и записывать результаты наблюдений.

Задание 31

«Подводная лодка» из виноградины. Простейшим примером «подводной лодки», которая и всплывает и ложится на дно, служит виноградина в газированной воде.

В стакан со свеженалитой газированной водой бросьте виноградину. Она чуть тяжелее воды, вытесняемой ею, и опустится на дно. Но на нее тут же начнут садиться пузырьки газа. Словно маленькие воздушные шарики они облепят виноградину. Вскоре их станет так много, что виноградина всплывет (рис. 49).

Но на поверхности пузырьки полопаются. Виноградина вновь опустится на дно. Здесь она снова «обрастет» пузырьками газа и снова всплывет. Так будет повторяться несколько раз, до тех пор, пока газ из воды не выйдет.

У настоящей подводной лодки есть внутри специальные цистерны. Называются они *балластными*, потому что в них набирают *балласт* — груз, который тянет лодку вниз. Этим грузом служит вода. Для погружения лодки в цистерны впускают воду. Она вытесняет воздух. Лодка тяжелеет и опускается на глубину.



Рис. 49

Когда нужно всплыть, в цистерны накачивают сжатый воздух из баллонов. Воздух вытесняет воду. Облегченная лодка всплывает.

Задание 32

«Подводная лодка» из картофеля. Плотность раствора соли в воде меняется в зависимости от насыщенности воды солью.

Возьмите пол-литровую стеклянную банку, опустите на ее дно сырую картофелину и налейте полбанки воды. Картофелина будет лежать на дне (плотность картофеля 1,1 г/см^3).

Теперь сыпьте в банку соль, размешивайте ее, насыщая раствор. Когда плотность солевого раствора станет равной плотности картофеля, картофелина отделится ото дна банки и будет плавать между дном и поверхностью раствора.

Прибавьте пресной воды. Плотность раствора понизится, и картофелина начнет опускаться.

ПЕНА ОБОГАЩАЕТ РУДУ

По книге Я. И. Перельмана «Занимательная физика», кн. 1

На горно-металлургических комбинатах руду перед плавкой «обогащают», т. е. увеличивают процент содержания в ней полезного минерала. Техника знает много способов обогащения руд. Мы расскажем об одном из них, который называется *флотацией*. Слово «флотация» означает всплывание. Это наиболее распространенный способ обогащения; он успешно применяется даже в том случае, когда все остальные не достигают цели.

Сущность флотации состоит в следующем. Тонко измельченную руду загружают в чан с водой и с маслянистыми веществами. Маслянистые вещества обволакивают частицы полезного минерала тончайшими пленками, но не смачивают частицы пустой породы. Смесь энергично перемешивают с воздухом; образуется множество мельчайших пузырьков — *пена*. При этом частицы полезного минерала, окруженные тонкой маслянистой пленкой, не смачиваемой водой, приходят в соприкосновение с оболочкой воздушного пузырька, пристают к ней и повисают на пузырьке. Пузырек и выносит эти частицы наверх (вспомните опыт с виноградиной в газированной воде). Частицы же пустой породы, не смоченные маслянистым веществом, не пристают к воздушному пузырьку и остаются на дне.

Поскольку воздушный пузырек пены гораздо больше по объему, чем минеральная частица, то его плавучесть достаточна для подъема твердой крупинки вверх. В итоге частицы полезного минерала почти все оказываются в пене, покрывающей жидкость. Пену снимают и направляют в дальнейшую обработку —

для получения «концентрата», который в десятки раз богаче полезным минералом, чем первоначальная руда.

Техника флотации разработана так тщательно, что надлежащим подбором примешиваемых жидкостей можно отделить каждый полезный минерал от пустой породы любого состава.

К самой идее флотации привела не теория, а внимательное наблюдение случайного факта. В конце прошлого века американская учительница (Карри Эверсон), стирая загрязненные маслом мешки, в которых хранился раньше медный колчедан, обратила внимание на то, что крупинки колчедана всплывают с мыльной пеной.

Если растопить льды ...

В свое время были люди, мечтающие растопить полярные льды, например лед, покрывающий Гренландию. Случись такое, уровень воды мирового океана поднялся бы на 10 м. Сколько городов пострадало бы от наводнения!

Иное дело попытаться растопить плавающие льды арктических и антарктических морей. Это могло бы принести пользу людям. Например, можно было бы буксировать айсберги к прибрежным городам и использовать запас их воды для водоснабжения города.

Почему превращение в воду льдов, плавающих в море, не приведет к наводнениям, тогда как плавление льда, покоящегося в Гренландии на земляной «подставке», вызовет катастрофу?

Задание 33

Как определить плотность? Имея мензурку с водой, небольшой деревянный брусок прямоугольной формы, линейку, определите плотность дерева, не используя никаких других приборов.

ВОЗДУШНЫЙ ШАР

По книге А. Нечаева «Чудеса без чудес»

Двести лет назад маленький французский городок Аноне стал известен на весь мир. Там был пущен первый воздушный шар! Придумали его братья Монгольфье. В назначенный день на площади собралась несметная толпа народу. Все хотели посмотреть на невиданную диковинку.

На середине площади висел на столбах огромный полотняный

шар — семь саженей[1] в ширину. Снаружи он был оклеен бумагой. Внизу было сделано большое отверстие, а под отверстием висела жаровня. Братья Монгольфье положили в жаровню горячие угли. Они нагрели воздух в шаре, он расширился, часть его вышла, шар сделался легче. Братья перерезали канат, которым шар был привязан к столбу. Шар рванулся, дрогнул и поднялся вверх (рис. 50). Скоро он скрылся в облаках.

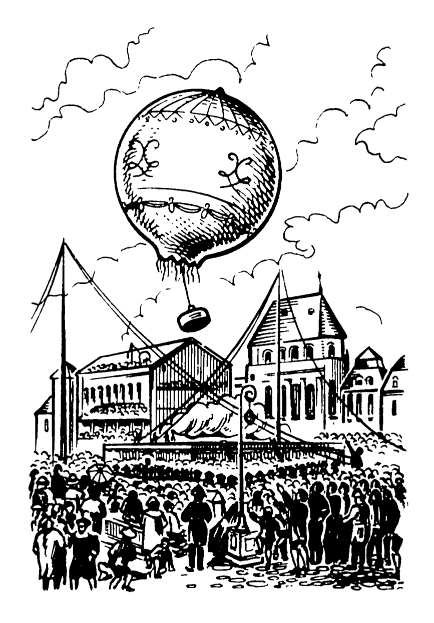


Рис. 50

Братья Монгольфье захотели узнать, можно ли летать на таком шаре людям. Но желающих отправиться в воздушное путешествие не находилось. Монгольфье привязали к шару большую плетеную корзину и посадили в нее овцу, петуха и утку.

Это были первые воздухоплаватели. Вернулись они на землю благополучно.

ДИРИЖАБЛЬ — ТРАНСПОРТ ПРОШЛОГО И ТРАНСПОРТ БУДУЩЕГО(?)

Свободно летящий воздушный шар — игрушка ветра. Это основная причина того, что воздушные шары не получили широкого распространения. На смену им пришли управляемые аэростаты — *дирижабли*, что в переводе с французского означает «управляемый» (рис. 51).

Идеи создания управляемых воздушных шаров относятся еще к XVIII в. Ими пытались управлять при помощи весел и парусов или птиц в специальных упряжках. *Конструкции* управляемых аэростатов стали создаваться лишь в XIX в., когда появились первые достаточно легкие двигатели. В 1887 г. К. Э. Циолковский разработал проект жесткого цельнометаллического дирижабля, который, однако, не был построен.

Конец XIX — начало XX в. — период расцвета дирижабле-

[1] 1 сажень равна 2,13 м.

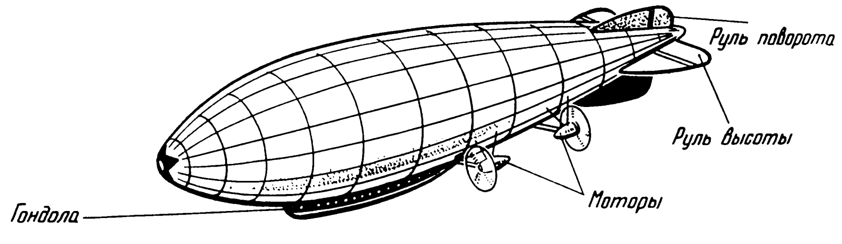


Рис. 51

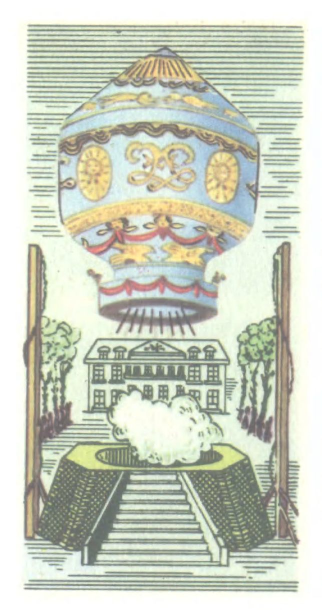
строения. В 1900 г. в Германии был построен первый жесткий дирижабль Ф. Цеппелином (в то время дирижабли иногда называли «цеппелинами»). В 1919 г. английский дирижабль вместимостью 55 000 м^3 перелетел через Атлантический океан без посадки, преодолев расстояние 5800 км.

В США, Англии, Германии строили дирижабли вместимостью 150 000 м^3 и более. Они перевозили десятки тонн груза и сотни пассажиров. Однако дирижабли обладали существенным недостатком: они были взрывоопасны и их полет зависел от погоды.

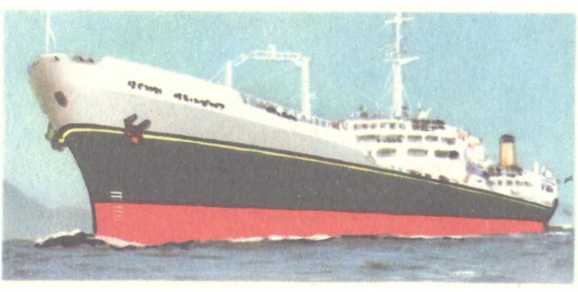
После ряда катастроф в дирижаблестроении наступает спад, который был вызван еще и тем, что в это время начинает развиваться самолетостроение. Казалось, о дирижаблях как об одном из средств воздушного транспорта забудут навсегда.

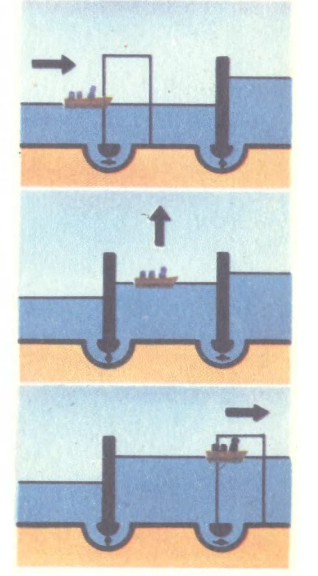
Однако в наши дни интерес к этим воздушным кораблям зарождается вновь. Их экономичность и большая грузоподъемность привлекают внимание специалистов. В 1960 г. у нас в стране было создано общественное конструкторское бюро по проектированию современных дирижаблей. В него вошли ученые Ленинграда, Киева, Новосибирска и других городов. Основные задачи, которые возлагаются на дирижабли сегодня,— это перевозка грузов, укладка нефтегазовых труб, установка опорных линий электропередач, работа в труднодоступных районах, где нет дорог.

Специалисты Института космических исследований АН СССР предполагают, что дирижабль может помочь в исследовании Венеры. В настоящее время известно примерное значение температуры и плотности венерианской атмосферы и дирижабли, конструкцию которых рассчитают по этим данным, смогут там находиться без посадки долгие месяцы, плавая в воздухе, словно рыба в воде. Может быть, именно дирижабль станет транспортным средством для долговременной научной станции на Венере.

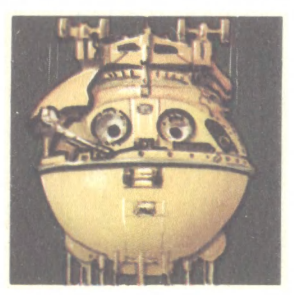






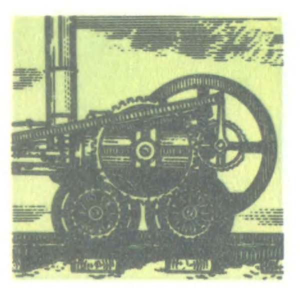


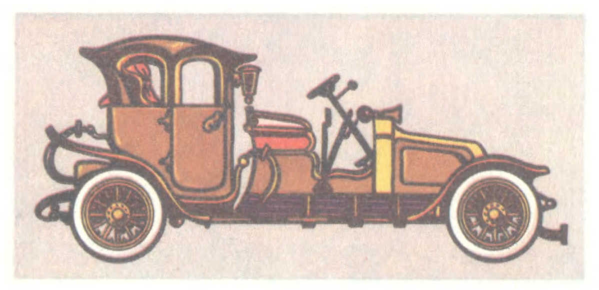
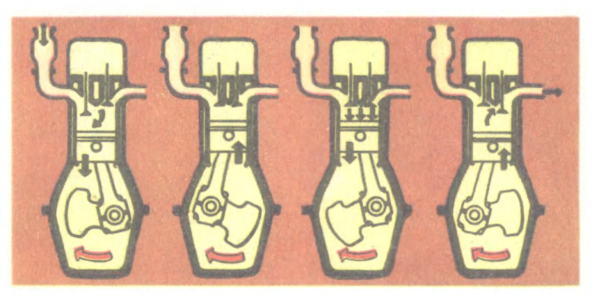




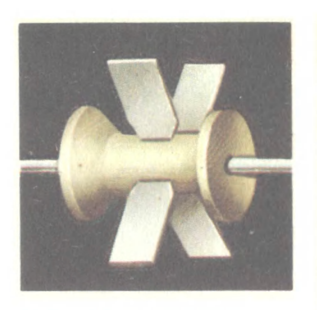
1. Законы гидро- и аэростатики в действии.

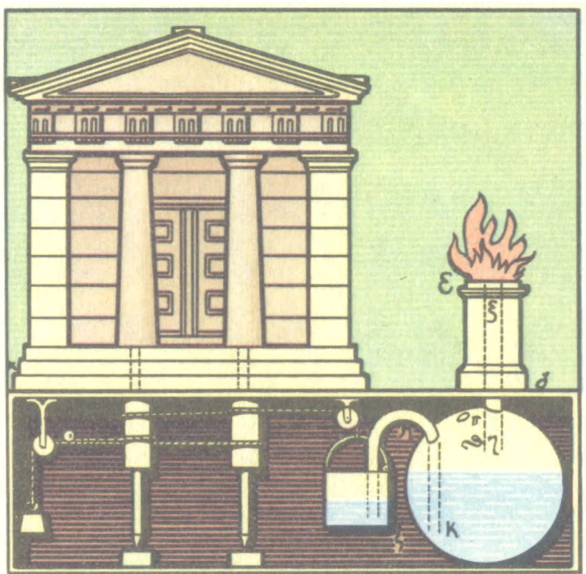


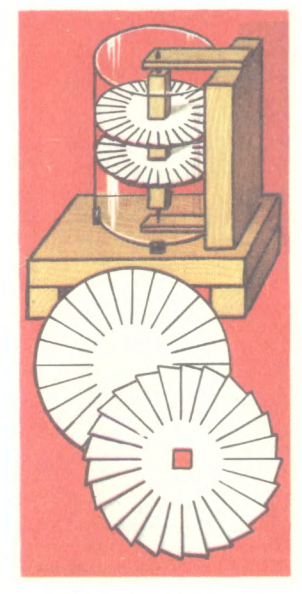


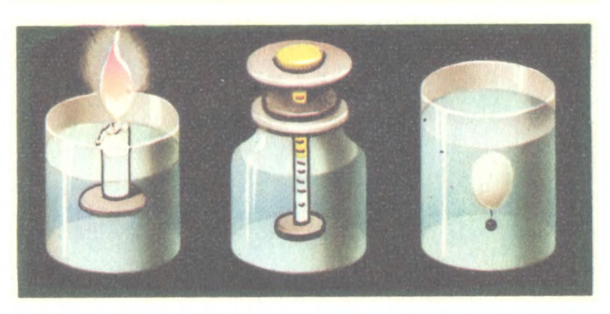



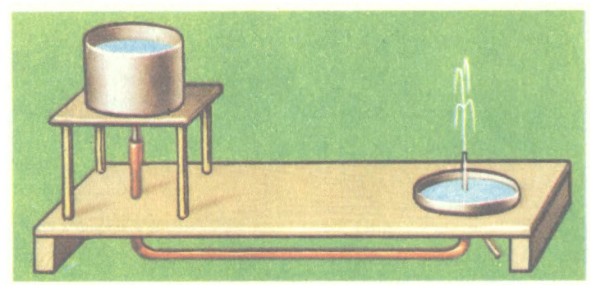

2. Тепловые машины разных эпох.

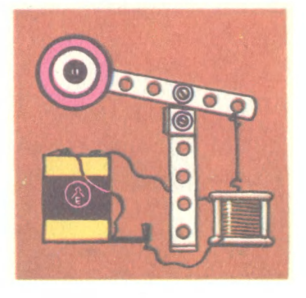




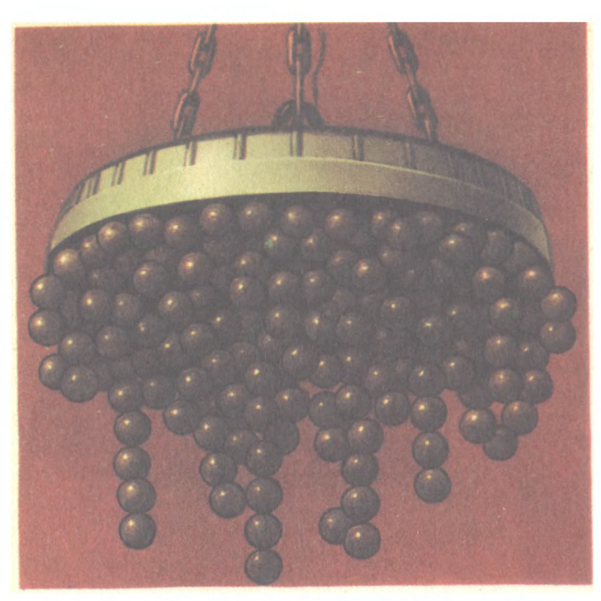


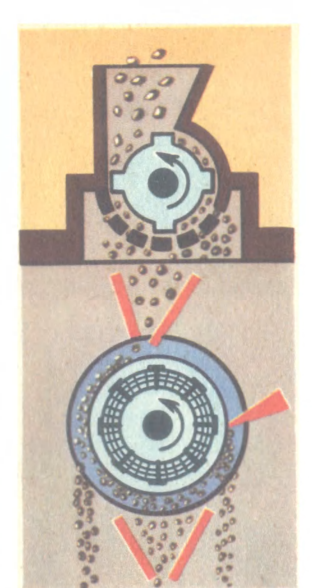




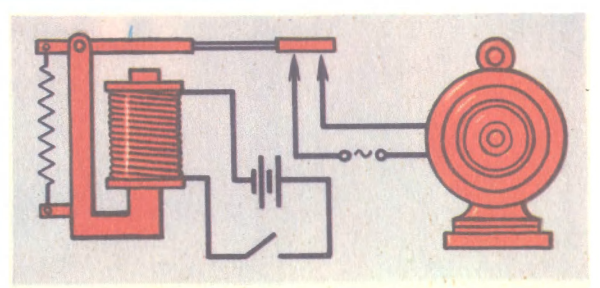


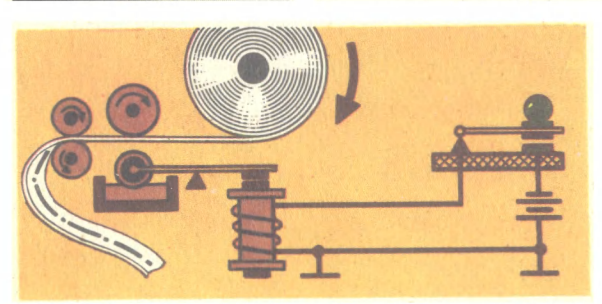
3. Много физических опытов можно проделать на самодельных приборах и моделях.













4. Примеры использования электромагнитов в технике.

АРХИМЕДОВА СИЛА И КИТЫ

По статье Н. А. Родиной «Архимедова сила и киты»

На суше гусь производит впечатление малоподвижной, неуклюжей птицы. «На красных лапках гусь тяжелый...» — так писал А. С. Пушкин, применяя очень выразительное слово «тяжелый» для характеристики птицы. Но вот гусь вошел в воду и поплыл... Теперь мы видим уже легкую, грациозную птицу, движущуюся быстро и свободно. Даже дуновения ветра достаточно, чтобы изменить скорость ее движения. Отчего такая перемена?

Особенности поведения тел на воде связаны с малым трением и наличием выталкивающей — архимедовой — силы.

Положите на стол пробку или пластмассовую крышку от банки и подуйте на нее сбоку. Она не сдвинется с места. Поместите пробку на поверхность воды — от дуновения она легко начнет двигаться. Вы убедитесь, что сила трения в воде намного меньше силы трения между твердыми телами. А плавает пробка на поверхности воды потому, что равны друг другу две действующие на нее в противоположных направлениях силы: *сила тяжести* и *архимедова сила.*

Тело самого большого животного на Земле — кита в совершенстве приспособлено для жизни в воде. Наиболее крупный представитель отряда китообразных — голубой кит. Его масса достигает 130 т, он способен развивать в воде скорость до 37 км/ч. Для сравнения укажем, что моторная лодка МКМ может развивать скорость до 30 км/ч.

Многое в поведении морских животных мы с вами можем объяснить на основании законов и понятий физики. Но сначала ознакомимся с некоторыми данными о китах. Знаменитый исследователь морских глубин французский ученый Жак Ив Кусто (как вы уже знаете, он изобрел акваланг) в своей книге «Могучий властелин морей» пишет: «Трудно описать ощущения человека, который впервые встречается в воде с китом... Прежде всего вас ошеломляют размеры кита. Они превосходят все, что человек привык видеть в мире животных...»

Рисунок 52 дает представление о том, во сколько раз размеры голубого кита больше размеров слона и человека. Длина этого животного достигает 33 м, он почти на 10 м длиннее пассажирского вагона! (Недаром в русских сказках упоминается «чудо-юдо рыба-кит», у которого на спине «село стоит».)

О массе китов мы уже говорили. Самый большой из добытых

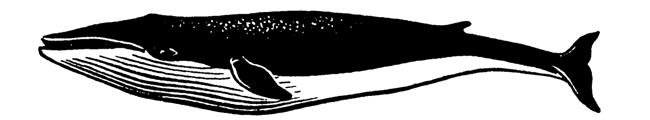
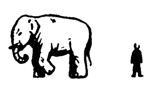



Рис. 52

китов имел массу 150 000 кг, а самое большое наземное животное — слон имеет массу от 3000 до 6000 кг (как язык некоторых китов!). Рассчитано, что если бы слон имел в два раза бо́льшую массу, то ему нужны были бы ноги вдвое толще, а они и так имеют площадь 4 дм^2 каждая. (Подумайте и объясните, почему были бы необходимы такие ноги наземному животному.)

Тело плавает в воде, если действующие на него архимедова сила и сила тяжести равны между собой. Давайте рассчитаем архимедову силу, действующую на кита, и сравним ее с силой тяжести кита.

Архимедова сила равна весу жидкости, вытесненной погруженным в нее телом, т. е.

$$F_{\text{А}} = g\rho_{\text{ж}}V,$$

где $g \approx 10$ Н/кг, $\rho_{\text{ж}}$ — плотность жидкости, V — объем тела. Как нам вычислить объем кита? Представим себе, что тело кита имеет форму цилиндра. Тогда объем равен $V = \pi d^2 h/4$, где d — диаметр цилиндра, h — его высота. В данном случае h — это длина кита. Чему равен диаметр нашего кита? Будем считать, что это средний диаметр тела кита. А средний диаметр оценим с помощью рисунка 52. Для этого измерим на рисунке диаметр кита в нескольких местах (например, в десяти): у головы, у хвоста, у середины. Среднее арифметическое этих измерений и примем за диаметр «кита-цилиндра». Но только учтем, что рисунок сделан в определенном масштабе: 1:400, так как на рисунке длина кита 7,5 см, а на самом деле 30 м.

Проделайте дальше все расчеты, и вы убедитесь, что архимедова сила, которая поддерживает кита в воде, исчисляется миллионами ньютонов. (Разумеется, вычисления ваши очень приблизительны, и нельзя сказать точно, скольким ньютонам она равна, но то, что это число заключено между одним и десятью миллионами ньютонов, точно.) Понятно, что такая сила удерживает в равновесии тело массой в сотни тонн, а именно такую массу и имеет голубой кит. Кит в воде невесом, ведь сила тяжести, действующая на него, тоже исчисляется миллионами ньютонов

(для вычисления силы тяжести нужно 9,8 Н/кг умножить на массу кита).

Конечно, кит не сможет находиться на суше. Известны случаи, когда киты выбрасываются на берег океана. Громадная сила тяжести (свыше миллиона ньютонов) прижимает животное к земле. Скелет кита не приспособлен к тому, чтобы выдерживать эту тяжесть; даже дышать кит не может, так как для вдоха он должен расширить легкие, приподнять мышцы, окружающие грудную клетку, а в воздухе эти мышцы весят несколько десятков тысяч ньютонов.

Жак Ив Кусто пишет: «...на суше перед гигантом вставали неразрешимые проблемы... дыхание требовало огромных усилий... на суше скелет кита не выдерживает веса мышц и жирового слоя, между тем как в плотной водной среде он отлично служит киту».

Во время экспедиции Кусто и его товарищи пытались спасти попавшего на мель китенка, масса которого была «всего» две тонны. Чтобы поднять его на борт судна, пришлось применить специальный гамак, так как даже новорожденный китенок может «сломаться» под действием собственной силы тяжести, если под ним нет равномерной опоры.

На фотографии видно (рис. 53), что спящий кит не полностью погружен в воду. Значит, действующая на него выталкивающая сила должна быть меньше, чем в случае полного погружения (ведь эта сила равна весу жидкости, вытесненной китом). А сила тяжести осталась прежней. Казалось бы, равновесие должно нарушиться. Но кит спокойно спит на воде, он не тонет. Следовательно, выталкивающая сила и сила тяжести по-прежнему равны друг другу. Как объяснить это кажущееся противоречие?

Теперь самое время рассказать о том, как кит ныряет и как всплывает на поверхность воды.

Хвост кита имеет горизонтальные лопасти и развивает мощ-

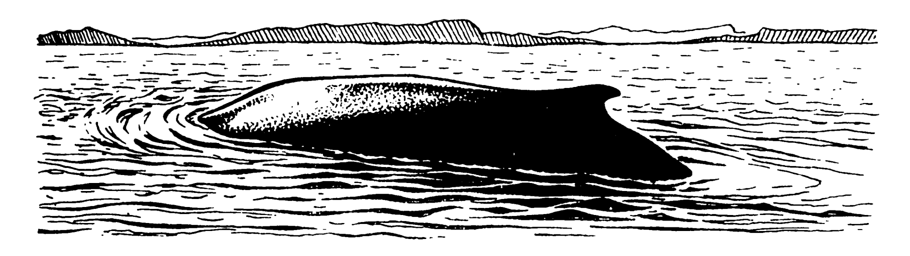


Рис. 53

ность до 370 кВт. Для сравнения скажем, что эта мощность только в два раза меньше мощности двигателя самолета Ан-2 и в семь раз больше мощности двигателя трактора ДТ-75. Когда аквалангиста задевает корпусом плывущий кит, то «впечатление такое, словно толкнул мчащийся паровоз».

Могучим движением хвоста кит направляет свое тело в глубину океана — ныряет. Глубина погружения равна нескольким десяткам метров, а кашалот достигает глубины 1000—2000 м. На такой глубине давление воды велико (рассчитайте его сами, учитывая, что плотность морской воды равна 1030 кг/м^3). Легкие кита под этим давлением сжимаются до так называемого остаточного объема. У человека на глубине 60 м, где давление в четыре раза больше атмосферного, объем легких уменьшается в четыре раза — от 6 л на поверхности до 1,5 л; следовательно, для легких человека на глубине 60 м остаточный объем равен 1,5 л. От сжатия легких объем тела кита уменьшается, а с ним уменьшается и выталкивающая сила.

Кит может провести под водой от 20 мин до 2 ч.

В связи с этим подумайте над такой задачей. Известно, что киты заплывают иногда в сильно опресненные лагуны у побережья Чукотского полуострова. Предположим, что в пресную воду заплыл кит. Что изменится в расположении кита, если все данные, кроме состава воды, не меняются?

И в заключение нашего рассказа несколько вопросов.

Известно, что если массу кита разделить на его объем, то мы получим среднюю плотность его тела. Можно ли утверждать, что, где бы ни плавал кит — в глубине океана, в его средних слоях или на поверхности, средняя плотность тела кита всегда равна плотности воды? За счет чего изменяется средняя плотность?

Для наблюдений и съемок китов Жак Ив Кусто использовал воздушный шар, наполняемый горячим воздухом при помощи газовой горелки. Почему такой шар — монгольфьер поднимается в воздухе?

По мере подъема шара пламя горелки регулировали, и оказалось, что шар может быть уравновешен в воздухе, а в безветренную погоду он сколь угодно долго способен висеть над одной точкой моря. Что можно в этом случае сказать о соотношении между массой вытесненного шаром воздуха и массой шара?

Попробуйте объяснить явление, которое наблюдал Кусто: «...вода впереди пузырилась, словно газированная. Это стая ры-

бешек то уходила вглубь, то снова поднималась к поверхности и выпускала воздух из плавательных пузырей». Зачем рыбешки выпускают воздух из плавательных пузырей и когда именно они это делают: уходя вглубь или поднимаясь к поверхности?

Интересно знать

7 августа 1887 г. через европейскую территорию России проходила полоса полного солнечного затмения. Ввиду сплошной облачности это явление невозможно было наблюдать в нормальных условиях, поэтому великий русский ученый Дмитрий Иванович Менделеев без пилота поднялся в воздух на воздушном шаре и успешно провел наблюдения.

Швейцарский ученый Огюст Пиккар является одновременно создателем первого в мире стратостата и первого батискафа, первым стратонавтом и первым гидронавтом.

Акваланг — подводные легкие (по-лат. «аква» — вода, «ланг» — легкие).

Батискаф — глубинное судно (по-греч. «батхиз» — *глубокий*, «скаф» — *судно*).

Батисфера — глубинный шар («батхиз» — глубокий, «сфера» — шар).

Наибольшая глубина погружения

Аквалангист	100 м
Водолаз в мягком скафандре	150 м
Водолаз в жестком скафандре	250 м
Подводная лодка	250...300 м
Батисфера	1400 м
Батискаф	10 919 м

В Узбекистане в г. Ангрена на заводе «Резинотехника» создан резиновый мини-дирижабль «Ангрена-84», его длина 9 м, диаметр 3 м. Дирижабль радиоуправляем, с расстояния 3—5 км он по сигналу с земли выполняет подъем, спуск, разворот и другие команды. Главное его назначение — опылять растения, вносить удобрения и т. д.

Глава V

РАБОТА И МОЩНОСТЬ. ЭНЕРГИЯ

ЧЬЯ МОЩНОСТЬ БОЛЬШЕ?

По книге Е. Н. Соколовой «Юному физику»

Этот вопрос может заинтересовать вас и ваших друзей. Можно ответить на него, вычислив мощность, которую вы развиваете при подъеме на руках по канату или шесту до перекладины (вспомните, как вы это делали на уроках физкультуры, рис. 54).

Все ребята, которые хотят определить свою мощность, должны по очереди влезать на руках по шесту вверх до перекладины. Момент начала и конца подъема (появление головы влезающего на уровне перекладины) пусть отмечает один из учеников, имеющий часы с секундной стрелкой и находящийся на перекладине.

Для расчета мощности в каждом случае нужно знать:
вес поднимающегося по шесту в ньютонах — P,
высоту подъема (длину шеста) в метрах — h,
время подъема в секундах — t.

Тогда по формуле $N = \frac{Ph}{t}$ легко определить мощность.

При прыжках человек может развить мощность в 3—10 раз бо́льшую, чем, например, при ходьбе. Этим «живые двигатели» отличаются от двигателей механических, мощность которых при неизменной конструкции так сильно увеличиваться не может.

Задание 34

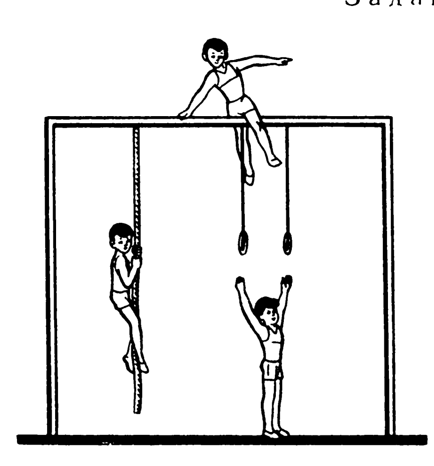


Рис. 54

Определите мощность, развиваемую вами при прыжке в высоту на уроке физкультуры. Время прыжка считайте равным 0,2 с. Сравните полученный результат со значением мощности, которую вы развиваете при подъеме по шесту или по лестнице (такое задание есть у вас в учебнике).

Задание 35

Интересно рассчитать мощность, которую развивают жи-

вотные и насекомые (лягушка, кузнечик и т. д.) во время прыжков. Для этого нужно знать их вес и высоту прыжка. Найдите в книгах по зоологии эти данные и определите мощность животного (или насекомого). (Время прыжка возьмите равным 0,2 с.)

Определите в каждом конкретном случае отношение развиваемой человеком, животным и насекомым мощности к их весу и выясните, у кого это отношение больше.

Для тех, кто в книгах не нашел значение веса и высоты прыжка какого-либо животного или насекомого, скажем, что кузнечик, масса которого около 1 г, прыгает в высоту до 0,5 м.

ПРОСТЫЕ МЕХАНИЗМЫ

По книгам С. Я. Лурье «Архимед»; Архимеда «Исчисление песчинок»

С незапамятных времен человек использует для совершения механической работы различные предметы и приспособления — *простые механизмы.*

К ним относятся: рычаг, блок, ворот, наклонная плоскость и др. Несмотря на многообразие, все они служат для преобразования силы.

Теория рычага и других простых механизмов была разработана Архимедом. Мысль, что при помощи рычага можно получить какой угодно большой выигрыш в силе, Архимед выразил словами: «Дайте мне точку опоры, и я сдвину Землю».

Правила Архимеда о рычаге:

1. Равные веса, находящиеся на равных расстояниях (от точки опоры), находятся в равновесии, а равные веса, находящиеся на неравных расстояниях, не находятся в равновесии, но перевес происходит в сторону того веса, который находится на большем расстоянии.

2. Если два веса, находясь на определенном расстоянии, уравновешивают друг друга и если к одному из этих весов что-нибудь прибавить, то веса́ уже не будут уравновешивать друг друга, но наклонятся к тому весу, который увеличили.

3. Если подобным же образом отнять что-либо от одного из весов, то весы не останутся в равновесии, но отклонятся к тому, от которого не отнимали.

Задание 36

Внимательно прочитайте правила Архимеда о рычаге. Сравните с условием равновесия рычага, данным в вашем учебнике. Попробуйте объяснить их, опираясь на это условие.

СИЛЬНЕЕ САМОГО СЕБЯ

По книге Я. И. Перельмана «Занимательная физика», кн. 1

Какой груз вы можете поднять рукой? Положим, что 100 Н. Вы думаете, что эти 100 Н определяют силу мускулов вашей руки? Ошибаетесь: мускулы гораздо сильнее! Проследите за действием, например, двуглавой мышцы вашей руки (рис. 55). Она прикреплена близ точки опоры рычага, которым является кость предплечья, а груз действует на другой конец этого живого рычага. Расстояние от груза до точки опоры, т. е. до сустава, почти в 8 раз больше, чем расстояние от конца мышцы до опоры. Значит, если груз составляет 100 Н, то мускул тянет с силой, в 8 раз большей. Развивая силу, в 8 раз большую, чем наша рука, мускул мог бы непосредственно поднять не 100, а 800 Н.

Мы вправе без преувеличения сказать, что каждый человек гораздо сильнее самого себя, т. е. что наши мускулы развивают силу, значительно бо́льшую той, которая проявляется в наших действиях.

Целесообразно ли такое устройство? На первый взгляд как будто нет: мы видим здесь потерю силы, ничем не вознаграждаемую. Однако вспомним старинное «золотое правило» механики: во сколько раз мы проигрываем в силе, во столько же раз выигрываем в расстоянии. Здесь происходит выигрыш в расстоянии и скорости: кисть нашей руки движется в 8 раз быстрее, чем управляющие рукой мышцы. Следовательно, такой способ прикрепления мускулов в теле животных обеспечивает конечностям быстроту движений, более важную в борьбе за существование, чем сила. Мы были бы крайне медлительными существами, если бы наши руки и ноги не были устроены таким образом.

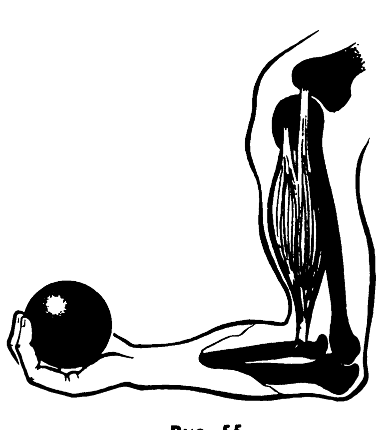


Рис. 55

КАК УСТРАИВАЛИСЬ ЧУДЕСА?

По книге Я. И. Перельмана «Занимательная физика», кн. 1

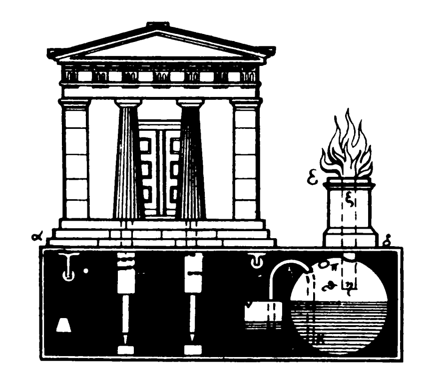


Рис. 56

Древнегреческий механик Герон Александрийский оставил нам описание остроумного устройства, с помощью которого египетские жрецы обманывали народ, внушая ему веру в чудеса.

На рисунке 56 вы видите пустотелый металлический жертвенник (в нем горит огонь), а под ним скрытый в подземелье механизм, приводящий в движение двери храма. Жертвенник стоял снаружи храма. Когда разводили огонь, воздух внутри жертвенника вследствие нагревания сильнее давил на воду в сосуде, скрытом под полом; вода, вытесняемая воздухом, переливалась по трубе из сосуда в ведро, которое, становясь тяжелее, опускалось, приводя в действие механизм, вращающий двери.

Изумленные зрители, ничего не подозревающие о скрытой под полом установке, видели перед собой «чудо»: как только на жертвеннике запылает огонь, двери храма, «внемля молитвам жреца», растворяются словно сами собой...

На рисунке хорошо виден блок и рычаги, приводящие в движение двери храма.

МЕХАНИКА ЦВЕТКА

По статье Э. Семенова, Р. Михайлова «Механика цветка»

Много простых механизмов можно указать не только в теле животных, но и в строении растений. Вот как, например, работает в цветке шалфея «рычажный механизм» для «загрузки» насекомых пыльцой (рис. 57). Цветок на растении располагается горизонтально. Нижняя его губа (семейство, к которому относится шалфей, так и называется — губоцветные) служит очень удобной посадочной площадкой для шмелей (рис. 58, *а*). Отсюда насекомое начинает путь внутрь цветка, к нектару. Но тут на его дороге встает «шлагбаум» — две тычинки. Они прикреплены к цветку так, что короткая и твердая нижняя часть каждой из них является одним плечом рычага, а верхняя, длинная, на которой качается пыльник,— это другое плечо. Шмель, пытающийся проникнуть

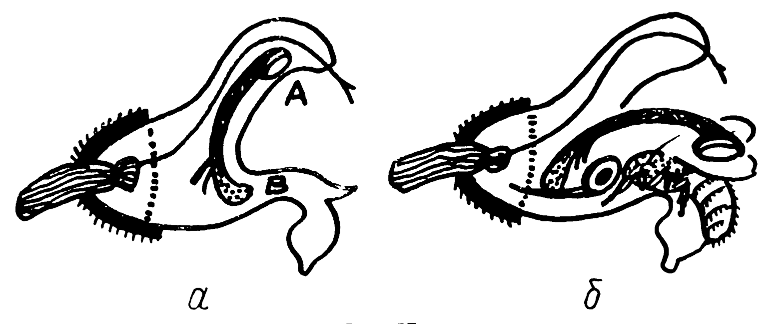


Рис. 57.
«Рычажный механизм» для «загрузки» насекомых пыльцой в цветке шалфея.

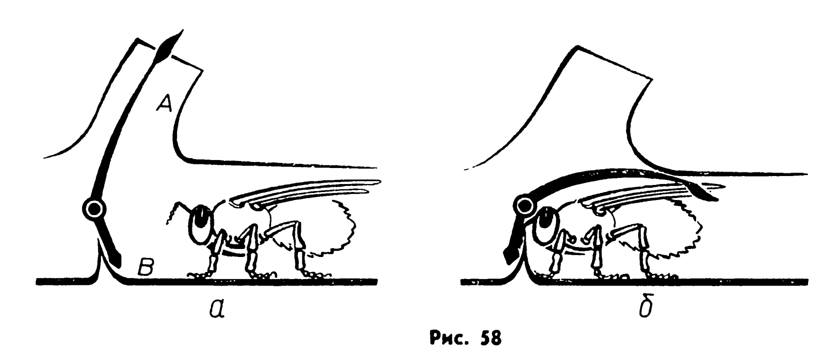


Рис. 58

внутрь цветка, нажимает на нижнее плечо. Верхнее при этом опускается, и пыльники вымазывают пыльцой спину насекомого (рис. 58, *б*). При посещении другого цветка шмель задевает спиной рыльце пестика, тоже опущенное вниз и «стерегущее» насекомое по дороге к хранилищу нектара. Так и осуществляется опыление цветов.

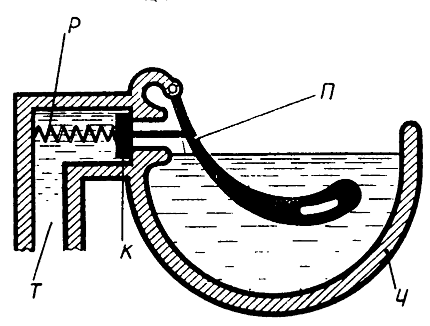


Рис. 59.
Автопоилка: *П* — педаль; *Ч* — чашка; *Т* — труба, подводящая воду из водопровода; *К* — клапан; *Р* — пружина.

Задание 37

Разберите по рисунку 59 работу простых механизмов в автопоилке.

Задание 38

У вас есть динамометр, рассчитанный максимально на 200 Н. А вам нужно взвесить чемодан, который тяжелее примерно в 1,5 раза. Как это можно сделать?

«ВЕЧНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ»

По книге Н. Н. Андреева «Энергия и ее использование»

Мысль устроить «вечный двигатель», т. е. двигатель, который не использовал бы для своей работы энергию или использовал меньше, чем совершал полезной работы, существовала с давних времен, а описания его устройства известны с начала XVII в. Однако уже раньше этого времени лучшие умы считали создание такого двигателя невозможным. Голландский физик Стевин, итальянец Леонардо да Винчи писали об этом, а в 1775 г. Парижская академия наук сочла необходимым совсем отказаться от рассмотрения машин, выдаваемых за «вечный двигатель».

Но... все равно проекты продолжали поступать. Например, Британское патентное бюро за время от 1617 г., когда было представлено первое изобретение, до 1903 г. рассмотрело более 600 проектов «вечных двигателей». Причем более 500 проектов было рассмотрено во вторую половину XIX в. И все они оказались несостоятельными. «Вечный двигатель» не был создан. Он не будет создан никогда, так как основная его идея независимо от конкретной конструкции противоречит закону сохранения энергии.

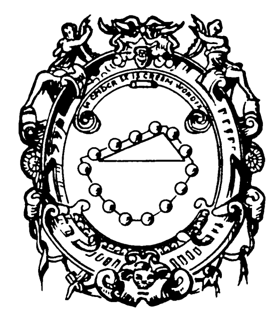
На титульной странице книги известного голландского физика Стевина, изданной в 1586 г., имеется рисунок с надписью: «Чудо не есть чудо» (см. рис. 60). Эту надпись можно расшифровать следующим образом: смотри на этот рисунок и ты обнаружишь здесь на первый взгляд чудо, а потом, после размышления, найдешь закон природы. На рисунке представлена наклонная плоскость. На ней равномерно распределены 14 тяжелых, равных по массе шаров. Так как нижнюю симметричную часть цепи можно не принимать во внимание, то отсюда следует, что четыре шара уравновешиваются двумя шарами. Как объяснить это «чудо»?

Парадокс разъясняется известным условием равновесия сил на наклонной плоскости, сформулированным Стевином: «Тело на наклонной плоскости удерживается в равновесии силой, которая действует в направлении наклонной плоскости и по величине во столько раз меньше веса этого тела, во сколько раз длина наклонной плоскости больше ее высоты».

Задание 39

Модели водяного колеса и водяной турбины. Из скорлупок грецких орехов, сургуча и пробки смастерите водяное колесо.

DE
WEEGHDAET
BESCHREVEN DVER
SIMON STEVIN
van Brugghe



Tot Leyden
Inde Druckerye van Christoffel Plantijn,
By Françoys van Raphelinghen.
cIↄ. Iↄ. LXXXVI.

Рис. 60.
Титульный лист из книги Стевина.

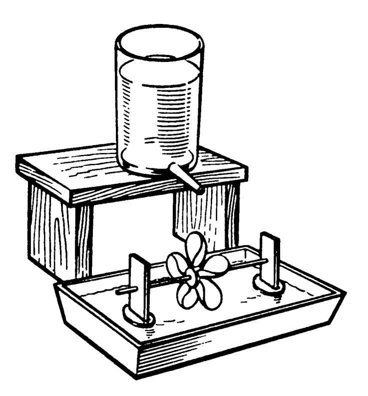


Рис. 61

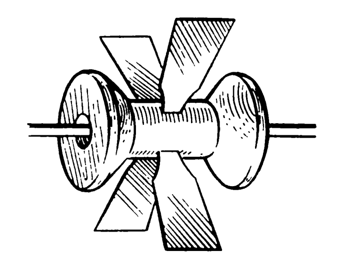


Рис. 62

Возьмите пробку. Гвоздем по оси сделайте в ней сквозное отверстие. В это отверстие вставьте карандаш или деревянный стержень длиной около 12 см. Постепенно плавьте палочку сургуча и расплавленные комочки наносите на пробку по окружности. В эти комочки сейчас же вставляйте тупым концом скорлупки грецкого ореха. (Не обожгитесь! Держите в руках не пробку, а палочку, на которой она укреплена. Палочку сургуча кладите на жестянку: к металлу расплавленный сургуч не пристает.) Все скорлупки приклеивайте к пробке так, чтобы их внутренняя часть была направлена в одну сторону.

По окружности пробки нужно уместить 5 или 6 скорлупок на равном расстоянии друг от друга. Места наклеек следует заранее отметить карандашом или мелом.

Установите колесо под струей воды так, как это показано на рисунке 61. Для этого прежде всего изготовьте две стойки. Их можно сделать из проволоки, навив ее на карандаш (3—4 витка) и оставив конец в 10—12 см.

Стойки укрепите на подставках, которые можно сделать из куска пластилина.

«Водонапорный бак» изготовьте из консервной банки, в дне которой около стенки гвоз-

дем пробейте отверстие. Если у вас есть кусочек воска, то можно в отверстие вставить водоотводную трубочку (можно использовать и струю воды из водопроводного крана).

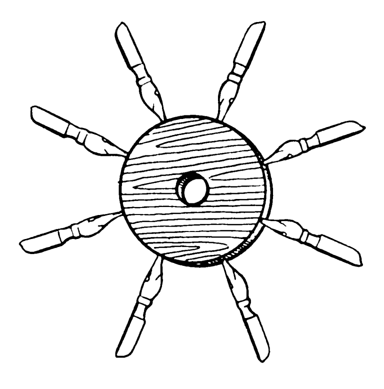


Рис. 63

На рисунках 62 и 63 показаны иные конструкции водяного колеса, которые тоже просто сделать.

Водяные колеса кончают свою жизнь, они малопроизводительны, в них вода давит сразу только на одну лопасть. Лопасть эта уходит и под струю подставляется новая. Если в колесе 6 лопастей, то 5 из них вертятся впустую в ожидании очереди попасть под струю.

Этот недостаток устранен в турбине. В ней вода действует сразу на все лопасти.

Водяные колеса — прапрадедушки тех *турбин*, которые на гидроэлектростанциях вращают роторы генераторов, вырабатывающих электроэнергию.

ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ (ГЭС)

Гидроэлектростанция — это комплекс сложных гидротехнических сооружений и оборудования. Его назначение — преобразовывать энергию потока воды в электрическую энергию. Важнейшее гидротехническое сооружение комплекса — плотина. Она задерживает воду в водохранилище и создает необходимый напор воды. Главный двигатель на ГЭС — *гидравлическая турбина*. С ее помощью энергия воды, движущейся под напором, превращается в механическую энергию, которая затем благодаря электрическому генератору преобразуется в электрическую энергию. (О том, как это происходит, вы узнаете из курса физики VII класса.)

Гидроэлектростанции вырабатывают около 14% всей электроэнергии, производимой в нашей стране.

Строительство ГЭС немыслимо без комплексного решения многих задач. Сооружая ГЭС, надо помнить не только о нуждах энергетики, но и водного транспорта, водоснабжения, ирригации[1], рыбного хозяйства. Так, создание шлюзов обеспечивает

[1] *Ирригация* — искусственное орошение полей.

беспрепятственное движение судов, сооружение обводных каналов позволяет рыбам свободно обходить плотины, водохранилища снабжают водой близлежащие города и поселки, используется эта вода и для орошения полей и садов. Более полному использованию энергетических ресурсов реки отвечает принцип каскадности. В этом случае по течению строят не одну, а несколько ГЭС. Это позволяет создать ряд последовательно расположенных на разных уровнях водохранилищ, а значит, полнее использовать сток реки, ее энергию и маневрировать мощностью отдельных ГЭС. Каскады гидроэлектростанций сооружены на многих реках. На Волге, например, только из наиболее крупных можно назвать следующие ГЭС: Волжская им. В. И. Ленина, Горьковская, Волжская им. XXII съезда КПСС, Саратовская им. Ленинского комсомола, Чебоксарская. Кроме Волжского, каскады построены на Каме, Днепре, Чирчике, Раздане, Иртыше, Риони, Свири. Наиболее мощным будет Ангарско-Енисейский каскад с крупнейшими в мире ГЭС — Братской, Красноярской, Саяно-Шушенской общей мощностью около 17 ГВт и годовой выработкой 76 млрд. кВт·ч электроэнергии.

Существует несколько видов электростанций, использующих энергию потока воды: *обычные* ГЭС, *гидроаккумулирующие* электростанции (ГАЭС) и *приливные* электростанции (ПЭС).

Строительство гидроаккумулирующих электростанций вызвано тем, что потребление электроэнергии в течение суток неравно-

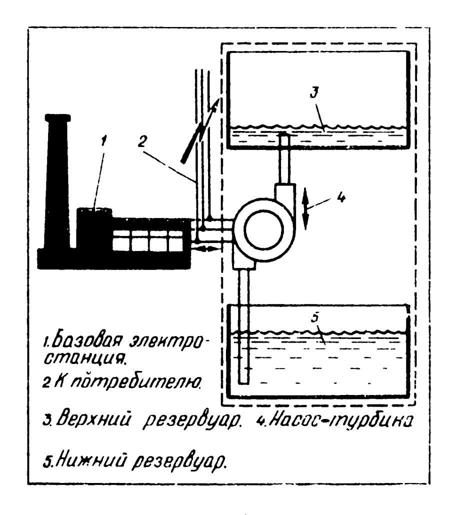
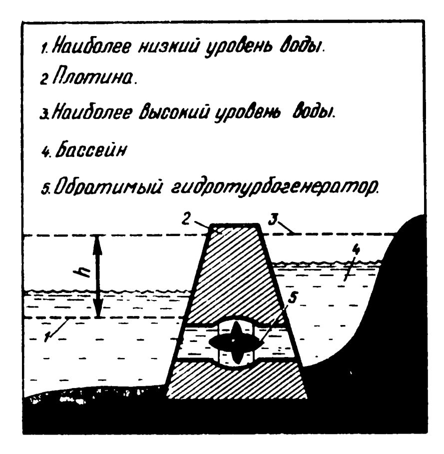


Схема гидроаккумулирующей электростанции (ГАЭС).



Упрощенная схема приливной электростанции (ПЭС).

мерно: утром начинают работать заводы и фабрики, транспорт (трамваи, троллейбусы, метро), с наступлением сумерек загораются миллионы электрических ламп, включаются телевизоры. В ночное время расход электроэнергии сокращается. Обычные ГЭС вырабатывают в течение суток постоянное количество энергии. А гидроаккумулирующие электростанции позволяют сочетать выработку энергии с ее потреблением.

С первого взгляда едва различишь разницу между обычной ГЭС и гидроаккумулирующей. Такое же здание, где размещено главное оборудование, такие же линии электропередачи. Нет принципиальной разницы и в способе производства электроэнергии. Но в отличие от ГЭС гидроаккумулирующей станции требуется два водохранилища (а не одно) вместимостью по нескольку десятков миллионов кубических метров. Оба водохранилища сообщаются между собой трубопроводами. На нижнем водохранилище строится здание ГАЭС. В нем находятся обратимые гидроагрегаты — гидравлические турбины и электрические генераторы, размещенные на одном валу. Они могут работать и как генераторы тока, и как электрические водяные насосы. Когда потребление энергии уменьшается, например в ночные часы, гидравлические турбины выполняют роль насосов, перекачивая воду из нижнего водохранилища в верхнее: запасают (аккумулируют) энергию. При этом генераторы работают как электрические двигатели. Когда же потребление электроэнергии возрастает, гидрогенераторы ГАЭС переключаются на обратное вращение. Падающая из верхнего водохранилища в нижнее вода вращает гидравлические турбины, генераторы вырабатывают электрическую энергию. Таким образом, ГАЭС в ночные часы как бы накапливает энергию, а днем отдает ее. На земном шаре действует более 160 ГАЭС. У нас в стране первая ГАЭС построена под Киевом. Она имеет малый напор, всего 65 м, и суммарную мощность 225 МВт. Вступает в строй более крупная ГАЭС в Московской области — мощностью 1,2 ГВт, с напором 113 м.

Обычно ГАЭС строят на реках. Но, как оказалось, подобные электростанции можно строить на берегах морей и океанов. Такие электростанции называют *приливными (ПЭС)*.

С точностью часов два раза в сутки уровень океана то поднимается, то опускается. Вдали от берега колебания уровня воды не превышают 1 м, но у самого берега они могут достигать 13 м, как, например, в Пенжинской губе на Охотском море.

Для использования энергии приливов залив или устье реки перегораживают плотиной, а в здании ПЭС устанавливают обратимый гидротурбогенератор, который может работать при приливе и отливе (т. е. при протекании воды в обе стороны). В этом случае ПЭС вырабатывает электрическую энергию четыре раза в сутки (столько раз меняется уровень воды при приливах и отливах) по 4—5 ч с перерывами в 1—2 ч.

В 1968 г. на берегу Баренцева моря в Кислой губе сооружена первая в нашей стране опытно-промышленная ПЭС. В здании электростанции размещены 2 гидроагрегата мощностью 400 кВт.

При строительстве этой электростанции была реализована одна интересная инженерная идея, которая получила мировое признание. Дело в том, что район Кислой губы почти не освоен и слабо заселен. А для того чтобы осуществить там большое строительство, необходимо было привезти рабочих, построить дома, проложить дороги, открыть магазины, воздвигнуть заводы для производства необходимого оборудования. Создание такого комплекса обошлось бы очень дорого.

Группа советских инженеров предложила оригинальное решение проблемы: построить приливную электростанцию в ближайшем к Кислой губе порту, где живут рабочие и имеются заводы, станки и материалы, а затем отбуксировать ее в Кислую губу и там установить.

Десятилетний опыт эксплуатации первой ПЭС позволил приступить к составлению проектов Мезенской ПЭС на 6—14 ГВт на Белом море, Пенжинской на 35 ГВт и Тугурской на 10 ГВт на Охотском море.

Использование великих сил приливов и отливов — интересная проблема. К решению ее только приступают. Тут многое предстоит изучать, изобретать, конструировать.

Все виды ГЭС используют энергию воды, которая относится к числу возобновляемых источников энергии.

ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА

Запасы энергии ветра, по сути дела, безграничны. Дующие над территорией нашей страны ветры несут энергию, равную мощности 1800 таких энергетических гигантов, как Красноярская ГЭС! Ветроэлектростанции в отличие от тепловых электростанций, на которых происходит необратимый расход угля, нефти,

газа (а ведь добыча связана с огромными затратами труда и запасы топлива не беспредельны), используют постоянно возобновляемую энергию ветра.

Исследования последних лет доказали, что стоимость производства электроэнергии на ветровых станциях ниже, чем на любых других. Кроме того, тепловые станции загрязняют окружающую среду, плотины ГЭС на реках создают искусственные моря, нарушая природное равновесие, а ветровые станции гармонично вписываются в окружающую среду.

Наиболее перспективно создание мощных ветроэнергетических комплексов. Вполне вероятно, они станут основой энергетики Севера, где господствуют постоянные ветры. Разработан проект уникального комплекса — ветроэнергетической системы Кольского полуострова, которая протянется на 1100 км. В нем предусматривается 238 ветроэнергетических групп, каждая из которых будет состоять из агрегатов мощностью не менее 1000 МВт.

Ветер — стихия весьма капризная: он дует то с одной стороны, то с другой. Чтобы эффективно использовать энергию воздушного потока, основную часть ветроэнергетической установки — ветроколесо — необходимо разворачивать каждый раз против ветра. Для этой цели служат специальные устройства — *флюгеры*.

Ветер редко дует с постоянной скоростью. Изменилась его скорость, замедлилось или ускорилось вращение ветроколеса и связанного с ним вала электрического генератора. Чтобы сделать вращение вала постоянным, применяют разные приспособления. Одно из них следующее: ось ветроколеса не закрепляется неподвижно, а может поворачиваться; если ветер усилился — лопасти ветроколеса поворачиваются к нему почти ребром, ослабел — подставляют ему всю плоскость.

Сейчас ветродвигатели применяют на горных пастбищах и в пустынях для добычи воды.

Интересно знать

1. Леонардо да Винчи (1452—1519) называют одним из самых могучих умов человечества. Он был живописцем, скульптором, музыкантом, ученым и инженером. Многие его инженерные замыслы сохранились в рисунках и чертежах. В одной из рукописей есть рисунок машины, напоминающей современный вертолет, и надпись: «Если этот аппарат правильно построить,



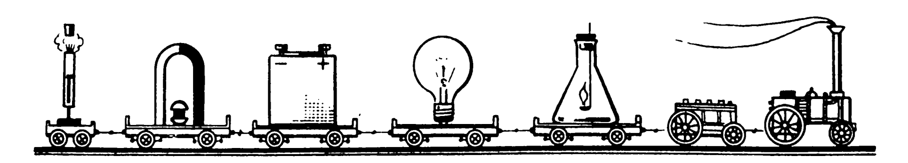
Леонардо да Винчи (1452—1519) — итальянский художник, ученый и изобретатель. Научные работы посвящены математике, механике, физике, астрономии, геологии, ботанике, анатомии, физиологии человека и животных. Много занимался конструированием различных машин, установок и приспособлений.

то при быстром вращении винта он поднимется в воздух». Осуществилась эта идея только в XX в. Был у Леонардо да Винчи и проект большой машины для подъема и транспортировки грунта, вынимаемого при постройке канала,— прообраз современных землеройных машин. Сохранились рисунки лебедки, мало чем отличающейся от современных. Им была спроектирована конюшня с механической подачей кормов, многие детали которой могут использоваться и теперь. Одним из его самых грандиозных замыслов был проект моста через пролив Босфор. Лишь в наше время, всего несколько лет назад, такой мост построен.

2. Герон Александрийский (I в. до н. э.) впервые исследовал пять типов простых механизмов: рычаг, блок, ворот, клин и винт. Им же были сконструированы первые простейшие автоматические устройства: с помощью одного из них двери храма «сами» открывались, когда под жертвенником зажигался огонь; другой представлял собой автомат для продажи «святой» воды.

3. Идея использовать энергию приливных волн не нова. В XI в. вдоль всего побережья Англии работали приливные мельницы. Их строили в устьях рек, там, где они впадают в океан. Устье реки перегораживали дамбой из камней, глины и бревен. Таким образом создавался резервуар для накопления воды. В дамбе устанавливались запирающие ворота. Когда начинался прилив, ворота открывались внутрь и вода заполняла резервуар. Во время отлива вода закрывала ворота. Через узкие желоба вода направлялась на лопасти водяных мельниц, которые вращали жернова.

VII класс



Глава VI

ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

ИЗОБРЕТЕНИЕ ТЕРМОМЕТРА

По статье Е. Никитина «36,6 по Цельсию»

Трудно поверить, что создание такого распространенного и простого по устройству прибора, как термометр, потребовало полуторавековых усилий многих ученых. Казалось бы, что тут сложного? К шкале с делениями прикреплена запаянная сверху трубка с шариком внизу, заполненная ртутью или подкрашенным спиртом. От нагревания жидкость расширяется, ее уровень поднимается и, останавливаясь около того или иного деления, показывает температуру. Однако мысль о возможности использования явления теплового расширения тел для измерения температуры возникла только в конце XVI в. Древние ученые о температуре тела судили по непосредственному ощущению. Еще в V в. до н. э. основатель медицины Гиппократ обратил внимание на то, что у больных повышается температура тела. Но только лишь в 1592 г. Галилеем был сконструирован прибор — *термоскоп*[1], позволяющий объективно судить о степени жара у больного. Этот прибор он демонстрировал на своих лекциях.

Термоскоп состоял из стеклянного шара с припаянной к нему стеклянной трубкой (рис. 64). Нагрев руками шар (а следовательно, воздух в нем), трубку опускали открытым концом в сосуд с водой. По мере охлаждения воздуха в шаре давление его уменьшалось, и вода под действием атмосферного давления поднималась по трубке вверх на некоторую высоту. По высоте столбика воды в трубке можно было оценить температуру, так как при охлаждении воздуха в шаре столбик воды в трубке поднимался, при нагревании — опускался. Однако высота стол-

---

[1] *Термоскоп* — греч. «термо» — тепло и «скопео» — смотрю.

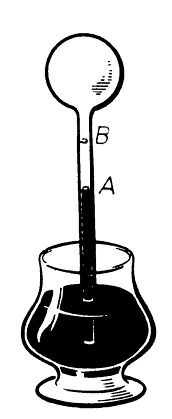


Рис. 64.
Термоскоп Галилея: А — уровень жидкости при потеплении; В — уровень жидкости при похолодании.

бика жидкости в термоскопе зависела от атмосферного давления, и, следовательно, по этому прибору можно было только сравнивать температуру разных тел в одно и то же время в одном и том же месте. Шкалы прибор не имел, а значит, и *измерять* температуру им было нельзя.

Вся дальнейшая история создания термометра есть история совершенствования термоскопа Галилея. Воздух заменили подкрашенным спиртом, а позднее ртутью. Откачав из трубки воздух и запаяв открытый конец, исключили влияние меняющегося атмосферного давления. Но основным усовершенствованием было создание шкалы. Для этого необходимо было выбрать две опорные точки и, разделив расстояние между ними на какое-то определенное число, получить значение температуры, равное одному градусу.

Каждый изобретатель создавал свою шкалу. Исходные точки на ней выбирались произвольно. Например, во Флорентийской академии для шкалы были выбраны такие постоянные точки: температура самого большого зимнего холода и самой большой летней жары во Флоренции. Отто фон Герике одной из постоянных точек взял температуру «осеннего дня 1660 г., когда был первый заморозок в Магдебурге». Ньютон за нуль принял точку замерзания воды (как и в современных термометрах), второй точкой его шкалы была температура тела здорового человека.

Расстояние между делениями шкалы также выбиралось произвольно. Поэтому сравнивать показания различных термометров было нельзя.

В 1714 г. голландский стеклодув Д. Фаренгейт изготовил термометр, в котором впервые использовал в качестве жидкости ртуть. За одну из опорных точек шкалы (0 °F) он принял самую низкую температуру, которую смог получить. Это была температура смеси воды, льда и нашатыря. Второй точкой он выбрал температуру смеси воды и льда. А расстояние между ними разделил на 32 части. Температура человеческого тела по его шкале соответствовала 96 °F, точка кипения воды 212 °F. Шкала Фаренгейта получила широкое распространение во многих странах, ее до сих пор применяют в Англии и США.

В 1730 г. французский естествоиспытатель Р. Реомюр предложил спиртовой термометр с постоянной нулевой точкой, соответствующей температуре таяния льда (0 °R). Один градус его шкалы соответствовал увеличению объема спирта на 0,001 первоначального объема. Температура кипения воды по его шкале равнялась 80 °R.

Примерно в то же время появилась шкала, которую предложил шведский физик А. Цельсий. В качестве опорных точек он взял температуры таяния льда и кипения воды, назвал их соответственно 100 °C и 0°C и разделил интервал между ними на 100 равных частей. Но такая «перевернутая» шкала не получила распространения. Вскоре соотечественник Цельсия Штермер предложил за нуль принять температуру таяния льда. Именно эта шкала, получившая имя Цельсия, используется в современных термометрах.

Интересно отметить, что совершенствование термометра первоначально было в основном обязано его применению для метеорологических наблюдений. Позднее его стали употреблять для измерения температуры воздуха в жилых помещениях, в медицине — для измерения температуры больного (в частности, именно для этой цели сконструировал термометр один из первых его изобретателей — итальянский врач Санториго, современник Галилея), при химических исследованиях и т. д.

В настоящее время используются и термометры, действие которых основано на других физических явлениях. Это позволило увеличить точность измерения температуры. Например, современный электрический термометр отмечает колебания температуры до 0,000001° C. Получена также возможность измерять как весьма низкие, так и очень высокие температуры.

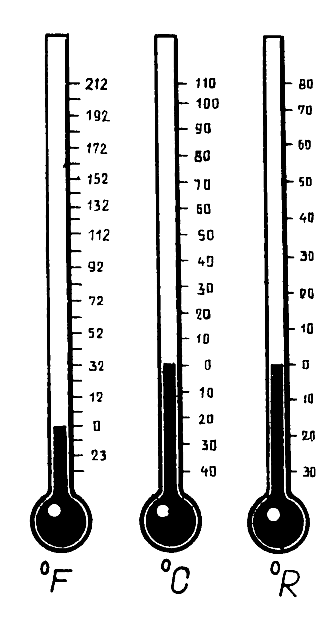
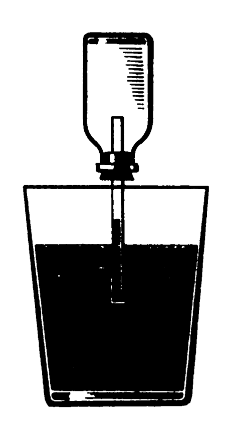


Рис. 65.
Температурные шкалы Фаренгейта, Цельсия и Реомюра.

Задание 40

На рисунке 65 представлены температурные шкалы Фаренгейта (° F), Цельсия (° C) и Реомюра (° R). Рассмотрите их и определите приблизитель-


Рис. 66

но, чему равна температура здорового человека по шкале Фаренгейта и Реомюра, если по шкале Цельсия она равна 36,6° С.

Задание 41

Термоскоп Галилея. Вы легко можете изготовить прибор, подобный термоскопу Галилея. Вместо шарика возьмите небольшой флакон от лекарства (например, от пенициллина) с резиновой пробкой, через которую пропустите стеклянную трубку. Слегка нагрейте флакон в руках и опустите свободный конец трубки в стакан с подкрашенной водой (рис. 66). Немного воды войдет в трубку.

Наблюдая за уровнем воды в трубке, вы можете убедиться, что он меняется с изменением температуры.

Если у вас есть барометр, проверьте, меняется ли уровень воды в трубке при изменении атмосферного давления. (Желательно проводить наблюдения за давлением при неизменной температуре воздуха.)

«ПУТЕШЕСТВИЕ» ПО ТЕМПЕРАТУРНОЙ ШКАЛЕ

По книге «Физика — юным». Ч. I. Сост. М. Н. Ергомышева-Алексеева

«Путешествие» вверх по температурной шкале началось в глубокой древности, когда человек впервые добыл огонь. Научившись получать огонь, люди покорили величайшее явление природы, которое помогает творить и разрушать. Сразу же был взят довольно крутой подъем — ведь даже в пламени свечи температура достигает 1600 °С. 1000 °С — это много или мало? Посмотрите вокруг. Вот на кухонной плите кипит вода в чайнике. Мы знаем, что ее температура 100°С. Чайник стоит на газовой горелке. Температура в пламени горелки доходит до 1500—1800 °С. Спираль электроплитки накаляется до 600—800 °С, а волосок электрической лампы — до 2500 °С. Такую температуру может выдержать только тугоплавкий металл, поэтому волосок лампы накаливания делают из вольфрама, который плавится при температуре 3387 °С.

С такими температурами мы встречаемся в быту. А на производстве?

Температура при выплавке чугуна в домне 1500—1800 °С. Слиток металла в прокатном стане имеет температуру 1300 °С.

До высоких температур нагреваются газы при работе тепловых двигателей: в автомобильном двигателе внутреннего сгорания примерно до 1700 °С, а в ракетном двигателе — до 3000 °С.

Высокие температуры используют при сварке металлов. При газовой сварке температура достигает 2900 °С, а при электрической она может быть еще больше — до 7000 °С. В наши дни создан электрогазовый способ сварки. Там температура около 30 000 °С. Такая температура в 5 раз выше, чем температура поверхности Солнца! Газоэлектрическая сварка не только удесятеряет производительность труда, но и открывает возможность обработки материалов, не поддававшихся другим видам сварки с более низкими температурами.

В лабораториях получены еще более высокие температуры. Например, физики в Сибирском отделении АН СССР получили *плазму* с температурой 100 000 000 °С (*плазма* — это такое состояние вещества, при котором атомы частично или полностью лишаются своих электронных оболочек и электроны уже не связаны с ядрами атомов).

Плазма не только искусственно создана человеком и образуется при электрическом разряде в газах, в процессах горения и взрыва, в состоянии плазмы находится подавляющая часть вещества Вселенной — звезды, звездные атмосферы, галактические туманности, межзвездная среда. Температура плазмы велика: например, поверхность Солнца имеет температуру около 6000 °С, а температура внутренней части Солнца достигает 15 000 000 °С. Некоторые звезды имеют внутри еще более высокие температуры.

Во время термоядерного взрыва — самого мощного из имеющихся в распоряжении человека источников сверхвысоких температур и давлений — температура достигает десятков миллионов градусов. Правда, этот взрыв длится только миллионные доли секунды. Человеку, как мы видим (правда, на ничтожно короткий промежуток времени), удается создать на Земле условия, которые встречаются только в недрах звезд.

Заметим, что в настоящее время еще не найдена возможность использовать в мирных целях колоссальную энергию этого взрыва. Найти эту возможность — вот главная задача, которая сейчас стоит перед учеными и инженерами.

Каковы же достижения человека в области получения низких температур?

Издавна применяют различные охлаждающие смеси, позволяющие понижать температуру. Одна из таких смесей состоит из поваренной соли и снега. Она позволяет получить температуру до —20 °С.

Широкое применение «холода» стало возможно с тех пор, как найдены новые пути охлаждения вещества. Было замечено, что сжатый воздух, расширяясь, охлаждается. Используя это явление, достигли таких низких температур, что удалось получить в жидком и даже в твердом виде вещества, которые мы привыкли видеть в газообразном состоянии. Так, например, получили жидкий кислород (при нормальном давлении он кипит при температуре —183 °С), жидкий водород (кипит при —253 °С), жидкий гелий (кипит при —269° С) и др.

Охлаждение имеет большое значение для сохранения продуктов. Строятся суда-холодильники (рефрижераторы), мощные холодильники для длительного хранения продуктов, шкафы-холодильники, применяющиеся в квартирах, магазинах, столовых.

В металлообрабатывающей промышленности применяют «холод» при закалке стальных деталей. Такая обработка повышает твердость металлических изделий и увеличивает срок их службы.

В медицинской промышленности «холод» используют при производстве и хранении многих лекарств.

Из приведенных примеров видно, насколько многообразно использование нагревания и охлаждения в быту и технике. Освоение человеком высоких и низких температур продолжается.

ПРИРОДА ТЕПЛОТЫ

По книге Н. Н. Андреева «Тепло и холод»

Еще в 1744—1745 гг. М. В. Ломоносов в своих «размышлениях о причине теплоты и холода» высказал утверждение о том, что тепловые явления обусловлены движением частиц тела — его молекул.

Чтобы стало очевидным принципиальное отличие взглядов Ломоносова от господствовавших тогда теорий, остановимся кратко на тех представлениях о теплоте, которые прочно сложились к XVIII столетию.

Теплоту представляли себе в виде невесомой и невидимой жидкости, пропитывающей поры тела, как вода пропитывает губку. Действительно, мы замечаем, что тепло от огня в очаге пере-

дается через стенки котла в воду, из воды — в погруженную в нее ложку; горячая ложка, опущенная в холодную воду, нагревает последнюю. Всякий сумеет найти множество примеров, как бы подкрепляющих представление о теплоте как о жидкости, протекающей через тончайшие поры тела. Что эта жидкость не только невидима, но и невесома, было к тому времени установлено сравнительным взвешиванием холодного и горячего тел. Эту жидкость назвали *теплородом*.

Ломоносов решительно отверг теорию теплорода. Однако многие крупные ученые Европы продолжали защищать представление о теплороде. Опытное доказательство правильности идей Ломоносова было дано лишь в конце XVIII в. Это сделал английский физик Румфорд.

Следя за изготовлением пушек в Мюнхенском арсенале, Румфорд обратил внимание на то, что при сверлении и ствол пушки, и сверло сильно разогреваются.

То, что при трении тела нагреваются, было известно задолго до его наблюдений. Еще на заре своей истории люди пользовались трением для добывания огня (рис. 67). Но Румфорд был истинным исследователем и увидел за этим обычным явлением закон природы. Наблюдая нагревание ствола пушки, он пытался объяснить это явление на основе господствующей тогда теории теплорода. Румфорд спросил себя: не происходит ли нагревание оттого, что получаемые от сверления металлические опилки обладают меньшей теплоемкостью, чем обрабатываемый металл? В этом случае имеющееся в целом куске металла количество теплоты при переходе его в опилки может уместиться в них, только вызвав повышение температуры. Это подобно тому, как ведро с водой, смятое с боков, содержит ту же массу воды, что и до искривления, но уровень ее в ведре становится больше. (Так можно объяснить данное явление на основе теории теплорода.) Однако оказалось, что теплоемкость сплошного металла и опилок одинакова, и поэтому дать такое объяснение явлению нельзя. Тогда Румфорд предположил, что при сверлении теплота входит в изделие из воздуха. Он проверил это предпо-



Рис. 67

ложение, заливая рассверливаемый ствол водой. Результат, однако, получился прежний — вода нагрелась и даже закипела. Вот тогда-то Румфорд заявил: если можно получить теплоту в неограниченном количестве, для чего достаточно только продолжать сверление, то теплоту нельзя считать веществом (теплородом), и поэтому все тепловые явления следует рассматривать как движение.

Вскоре известный английский химик Дэви указал, что, натирая два куска льда один о другой, можно их превратить в воду; потом он же показал, что даже в пустоте воск может быть расплавлен соприкосновением с трущимися телами; в согласии с Румфордом Дэви также утверждал, что нагревание тел вызвано движением частиц.

ГРЕЕТ ЛИ ШУБА?

По книге Я. И. Перельмана «Занимательная физика», кн. 1

Ответьте на следующие вопросы:

1. Ускорится ли таяние льда, если обернуть его мехом?
2. Верно ли, что снег греет землю?

Что сказали бы вы, если бы вас стали уверять, будто шуба нисколько не греет? Вы подумали бы, конечно, что с вами шутят. А если бы вам стали доказывать это утверждение на ряде опытов? Проделайте, например, такой.

Заметьте, сколько градусов показывает термометр, и закутайте его в шубу. Через несколько часов выньте. Вы убедитесь, что он не нагрелся даже и на четверть градуса: сколько показывал раньше, столько показывает и теперь. Вот и доказательство, что шуба не греет. Вы могли бы заподозрить, что шубы даже холодят. Возьмите две порции мороженого или два куска льда; один положите в полиэтиленовый пакет и закутайте в шубу, другой оставьте в комнате незакрытым. Когда незакрытое мороженое или лед растает, разверните шубу: вы увидите, что здесь таяние почти и не началось. Значит, шуба не только не согрела лед, но даже замедлила его таяние!

Обратимся еще к одному опыту. Подержите руку над горячим утюгом или плиткой. Вы почувствуете тепло. Что нужно сделать, чтобы предохранить руку от нагревания? Одним из возможных вариантов является преграда между утюгом и рукой. Поместите между утюгом и рукой хотя бы книгу — и вы почувствуете, что руке стало значительно прохладнее.

Такой же преградой является и шуба, она отгораживает мороженое от теплого воздуха комнаты. Шубы действительно не греют, если под словом «греть» подразумевать сообщение энергии. Лампа греет, печка греет, человеческое тело греет, потому что все эти предметы являются источником энергии. Но шуба в этом смысле нисколько не греет. Она только мешает теплоте нашего тела уходить от него. Вот почему теплокровное животное, тело которого само является источником теплоты, будет чувствовать себя в шубе теплее, чем без нее. Но термометр не является таким источником, и его температура не изменится оттого, что мы закутаем его в шубу. Лед, обернутый в шубу, дольше сохраняет свою низкую температуру, потому что шуба замедляет доступ к нему теплоты извне, от комнатного воздуха.

В таком же смысле, как шуба, снег греет землю: обладая, как все пористые тела, малой теплопроводностью, он мешает энергии уходить из почвы. В почве, защищенной слоем снега, термометр показывает нередко градусов на десять больше, чем в почве, не покрытой снегом.

Итак, на вопрос, греет ли шуба, надо ответить, что шуба только помогает нам греть самих себя. Вернее было бы говорить, что мы греем шубу, а не она нас.

Задание 42

Известно, что кирпич обладает хорошей теплоизоляцией, гораздо лучшей, чем гранит. Это вызвано тем, что в кирпиче имеются поры, в которых находится воздух. Убедиться в этом можно, проделав такой опыт.

Поставьте кирпич на меньшую грань (рис. 68). К двум противоположным сторонам при помощи воска, пластилина или замазки прикрепите основанием две одинаковые стеклянные или пластмассовые воронки. Остальную часть кирпича (не закрытую воронками) закрасьте масляной краской. На воронки наденьте две резиновые трубки: одну — короткую с оттянутым стеклянным наконечником, например от пипетки, другую — длинную без наконечника.

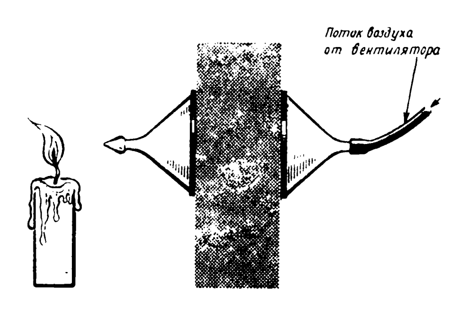


Рис. 68

Продувайте через длинную трубку воздух, а к концу короткой поднесите пламя свечи.



Рис. 69

Вы увидите, что пламя будет отклоняться и может даже погаснуть. Следовательно, воздух проходит через поры кирпича.

Задание 43

Очень вкусна печенная на костре картошка. Чтобы испечь на костре картошку, ее помещают в слой золы и углей.

С картошкой у костра можно проделать следующий поучительный опыт: когда костер почти прогорит, разгребите его, крупную картофелину наполовину закопайте в землю, а сверху засыпьте золой и горячими углями от костра (рис. 69). Через некоторое время вытащите картофелину из костра и проверьте, как она испеклась. Окажется, что верхняя часть картофелины испеклась хорошо, а нижняя — совсем сырая.

Что можно сказать о теплопроводности картофеля и земли на основании этого опыта?

СТРАННЫЙ СЛУЧАЙ С САМОВАРОМ

По книге А. Нечаева «Чудеса без чудес»

Однажды мне пришлось наблюдать такое интересное явление. Был подан на стол самовар. Из-под крышки валил пар. Стали заваривать чай, и оказалось — вода холодная! Попробовал я самовар рукой: вверху и дотронуться нельзя — так он горяч, а внизу совсем холодный. Первый раз в жизни наблюдал я такой удивительный случай! Посмотрел я в трубу: она полна углей. Угли так и пышут; самовар разогрет на славу. Но когда я вылил воду и вытряхнул угли из трубы — все объяснилось. Нижние угли были крупные, плотные. Они не разгорелись. Горели только верхние. Вверху вода сильно нагрелась и вскоре закипела, а внизу осталась холодной.

Вышел интереснейший опыт, который вы всегда можете повторить на даче (конечно, если у вас есть самовар и притом не электрический).

Как вы объясните этот опыт? Что можно сказать о теплопроводности воды на основании описанного случая?

Проще подобный опыт проделать не с самоваром, а с электрическим кипятильником. Подумайте как. Где при этом нужно поместить кипятильник? Проделайте опыт.

Задание 44

Как устроен электрический чайник? Рассмотрите устройство электрического чайника. Обратите внимание, где расположен у него нагревательный элемент. Объясните, чем это вызвано.

НА ЛЕД ИЛИ ПОД ЛЕД?

По книге Я. И. Перельмана «Занимательная физика», кн. 1

Желая нагреть воду, мы помещаем сосуд с водой над пламенем, а не сбоку от него. И поступаем вполне правильно, так как воздух, нагреваемый пламенем, становится более легким, вытесняется со всех сторон кверху и обтекает наш сосуд.

Следовательно, помещая нагреваемое тело над пламенем, мы используем теплоту самым выгодным образом. (Каким видом теплопередачи осуществляется перенос энергии в этом случае в самой воде?)

Но как поступить, если мы хотим охладить какое-либо тело с помощью льда? Многие по привычке помещают тело надо льдом — ставят, например, кувшин молока поверх льда. Это нецелесообразно: ведь воздух надо льдом, охладившись, опускается вниз и заменяется окружающим теплым воздухом. (А каким видом теплопередачи осуществляется перенос энергии в воде в этом случае?) Отсюда практический вывод: если хотите остудить напиток (или еду), помещайте его не на лед, а под лед.

Поясним подробнее. Если поставить сосуд с водой на лед, то охладится лишь самый нижний слой жидкости, остальная же часть будет окружена неохлажденным воздухом (а теплопроводность воды плохая). Напротив, если положить кусок льда поверх крышки сосуда, то охлаждение пойдет быстрее. Охлажденные верхние слои жидкости будут опускаться, заменяясь теплой жидкостью, поднимающейся снизу (происходит конвекция), пока не охладится вся жидкость в сосуде[1]. С другой стороны, охлажденный воздух вокруг льда также будет опускаться вниз и окружит собой сосуд.

---

[1] Вода охлаждается при этом не до 0 °С, а только до температуры 4 °С, при которой она имеет наибольшую плотность.

КАК РАБОТАЮТ ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ?

Известно, что каждая жидкость кипит при определенной температуре. И температура эта зависит от давления пара над жидкостью. Например, вода при нормальном атмосферном давлении кипит при температуре 100 °С. При повышении давления температура кипения тоже повышается, например в кастрюлях-скороварках, закрывающихся герметично, при варке создается повышенное давление и вследствие этого температура кипения повышается до 120 °С. При пониженном давлении, например высоко в горах, температура кипения понижается. Известны случаи, когда альпинисты высоко в горах не могли сварить яйцо в кипящей воде, так как на высоте 7134 м (пик Ленина на Памире) давление 300 мм рт. ст. и вода кипит при температуре 70 °С, что недостаточно для свертывания белка яйца.

Понижая давление, можно добиться того, что жидкость закипит при комнатной температуре. При этом она будет охлаждаться, так как внутренняя энергия испаряющейся жидкости (а кипение — это также процесс испарения) уменьшается, и, если нет притока энергии к жидкости извне, температура испаряющейся жидкости будет понижаться.

Эффект охлаждения за счет испарения жидкости используется в некоторых системах холодильных машин, в частности, в тех, которые применяют в быту («ЗИЛ», «Юрюзань», «Минск» и др.). В этих холодильниках в качестве охлаждающей жидкости (хладагента) используется газ фреон-12.

В учебнике «Физика, 6—7» даны схема и описание работы электрического холодильника. По этим материалам ознакомьтесь с принципом его работы (можно также использовать инструкцию к домашнему холодильнику) и постарайтесь ответить на следующие вопросы:

1. Где самое холодное место в холодильнике и почему? Проверьте свой ответ с помощью комнатного термометра.

2. Где выше температура в холодильнике — на средней полке или на дне? Почему? Ответ также проверьте на опыте.

3. Почему фреон, поступающий из компрессора в каналы конденсатора, имеет высокую температуру? (Это можно почувствовать, подержав руку возле задней стенки холодильника.)

Задание 45

Продемонстрировать замерзание воды при испарении жидкости (эфира) можно на следующем опыте.

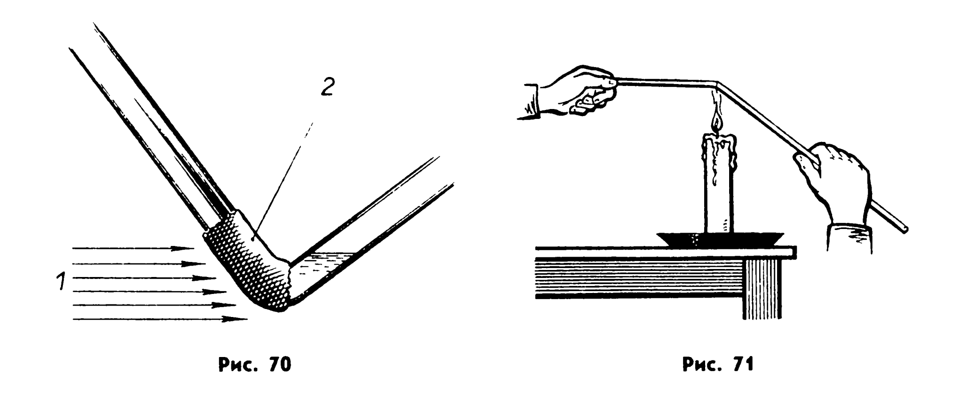


Рис. 70 Рис. 71

Слегка изогнутую посредине стеклянную трубку расположите так, как показано на рисунке 70. Введите в нее с помощью пипетки 10—15 капель воды (воду хорошо бы подкрасить). Место сгиба трубки, где соберется вода, обмотайте в несколько рядов марлей. Если теперь капать на марлю *2* эфир и одновременно обдувать ее сильной струей воздуха *1* (от вентилятора или лучше от пылесоса), то вода в трубке быстро замерзнет.

(Как можно изогнуть стеклянную трубку, видно на рисунке 71.)

КАК ОБРАЗУЮТСЯ СНЕГ И ЛЕД?

По книге Г. В. Бялобжетского «Снег и лед»

Вода в природе совершает непрерывный круговорот. Испаряясь с поверхности рек, озер и морей, с влажной почвы, с травы, с листьев деревьев и кустарников, она поднимается вверх в виде водяного пара, сгущается в облака, а затем выпадает на земную поверхность, стекает в реки и моря, впитывается почвой, поглощается растениями и снова испаряется. Этот никогда не прекращающийся процесс в зависимости от условий может протекать по-разному: иногда на землю выпадает дождь, иногда град, иногда снег. Чтобы понять причину этих явлений, познакомимся с некоторыми свойствами воды.

Вода может быть и жидкостью, и газом, и твердым телом.

При нормальном атмосферном давлении и температурах от 0 до 100 °С вода — жидкость, ниже 0 °С она обращается в лед, а выше 100 °С — в пар.

Вода, как и всякая жидкость, испаряется при любой температуре, но при 100 °С испарение воды идет очень быстро и по всему

объему — вода кипит. При более высоких температурах и нормальном атмосферном давлении вода может существовать только как пар.

Водяной пар невидим. Белые клубы, которые мы наблюдаем над чайником с кипящей водой, представляют собой не пар, а мельчайшие капельки воды, результат конденсации водяного пара. Если зимой внести с улицы в комнату холодный металлический предмет, то он запотеет. Это тоже следствие конденсации водяного пара, находящегося в комнате.

Как протекает конденсация?

Воздух не может содержать сколько угодно водяного пара. Чем больше нагрет воздух, тем больше в нем находится пара, но для любой температуры при увеличении влаги всегда наступает момент, когда воздух становится *насыщенным* водяными парами. Например, при температуре 10 °C в объеме 1 $м^3$ воздуха может содержаться пар, масса которого не более 9,5 г, а при 20 °C — не более 17 г. При дальнейшем увеличении массы водяного пара воздух становится *перенасыщенным,* т. е. переходит в такое состояние, при котором мельчайшие пылинки, находящиеся в воздухе, вызывают конденсацию и пар начинает сгущаться в капельки воды.

Совершенно чистый воздух можно перенасытить довольно сильно. Однако атмосферный воздух никогда не бывает абсолютно чистым: в нем всегда есть гигроскопические пылинки (т. е. пылинки из веществ, способных притягивать и поглощать влагу из воздуха), кристаллики различных солей и другие частицы. Они и служат ядрами конденсации. Частицы пара легко притягиваются к ним и сгущаются, образуя вокруг них водяную оболочку.

Поднимающийся от поверхности Земли нагретый воздух несет с собой водяной пар. При подъеме воздух по мере охлаждения все более приближается к состоянию насыщения. Наконец, на некоторой высоте начинается конденсация, и в воздухе образуются мельчайшие водяные капли. Они составляют нижний слой облаков. Воздух с оставшимся в нем паром продолжает подниматься вверх. Если ток воздуха сильный, то он может увлечь за собой вверх и образовавшиеся водяные капли. Достигнув слоев атмосферы с температурой ниже 0 °C, эти водяные капли будут охлаждаться все сильнее и, наконец, замерзнут. На них начнут осаждаться и замерзать другие водяные капли. В результате этого образуются знакомые каждому ледяные шарики — градины.

Водяной пар при охлаждении не всегда конденсируется в воду. При определенных условиях он может сразу превратиться в ледяные кристаллики (снежинки).

По мере роста облака водяные капли, градины или ледяные кристаллы укрупняются. Сила тяжести заставляет их падать, но восходящий от земли ток теплого воздуха препятствует этому движению. В конце концов наступает момент, когда частицы становятся столь крупными и тяжелыми, что восходящий ток воздуха уже не может удержать их. Тогда идет дождь, град или снег.

В летнее время может идти только дождь или град. Снежинки же имеют значительно меньшие размеры, чем градины, и, проходя через теплые нижние слои воздуха, успевают растаять и превращаются в капельки тумана или водяной пар.

Иная картина наблюдается зимой. В зимние месяцы даже у поверхности земли температура низкая. Поэтому снежные кристаллы, выпадающие из облаков, не тают по пути на землю, а, наоборот, даже вырастают. Рост снежинок происходит в то время, когда они проходят через слои воздуха, менее холодные, чем сами снежинки. Пар, соприкасаясь с холодной снежинкой, сгущается и, осаждаясь на ней, содействует ее росту.

Форма снежных кристаллов весьма разнообразна, она зависит от температуры воздуха и массы водяного пара в нем. При температурах, близких к 0 °С, чаще всего выпадают сильно разветвленные звездочки, а при более низких температурах — мелкие пластинки, призмы и иглы.

При температуре, близкой к 0 °С, воздух часто бывает перенасыщен водяным паром. В таких условиях снежинки растут быстро и неравномерно; на углах снежных кристаллов образуются рожки, которые затем начинают ветвиться, придавая снежинке форму звездочки. При очень больших морозах снежинки почти не растут. Поэтому-то в сильные морозы мы и видим иногда искрящиеся на солнце простейшие кристаллы — «алмазную» пыль.

Размеры снежных кристаллов весьма малы: большей частью они составляют доли миллиметра. При падении, если температура воздуха близка к 0 °С, кристаллы могут слипаться в снежные хлопья размером до 1 см. В отдельных случаях возникают и более крупные хлопья. Так, например, 4 декабря 1892 г. в Саксонии падали хлопья снега, достигавшие в поперечнике 12 см. При ветре хрупкие снежинки обламываются, крошатся и на землю падают мелкие обломки кристаллов.

5. Зак 1088 Кириллова

Задание 46

Образование тумана. Откройте бутылку лимонада и отлейте из нее один стакан. Затем сразу же плотно закройте ее. Сильно встряхните бутылку и поставьте на стол. Если теперь бутылку быстро открыть, то все пространство над жидкостью заполнится туманом.

Получается это потому, что при встряхивании бутылки из лимонада выделяется часть растворенного в нем углекислого газа и давление над поверхностью повышается.

При открывании же бутылки давление резко падает и температура водяных паров, содержащихся в бутылке над поверхностью жидкости, понижается. При этом водяной пар конденсируется в мельчайшие водяные капельки, которые и образуют туман.

ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

История развития человечества теснейшим образом связана с получением и использованием энергии. Издавна в качестве основных источников энергии — энергетических ресурсов — использовались дрова, торф, древесный уголь, вода, ветер. Первобытный человек сжигал в костре сучья, хворост, обломки деревьев, мох, добывал таким образом энергию для приготовления еды и обогрева жилища. Уже в древнем мире люди использовали энергию, выделяемую при сгорании топлива, для изготовления предметов быта, инструментов, орудий труда, различных приспособлений, оружия из меди, бронзы, железа и других металлов.

С древнейших времен известны такие виды топлива, как уголь, нефть и некоторые виды сланцев. При сжигании они дают большое количество теплоты. В наше время словом «топливо» часто называют вещества, используемые в ядерных реакторах на атомных электростанциях — *ядерное топливо,* в ракетных двигателях — *ракетное топливо.*

Практическая ценность топлива определяется количеством теплоты, выделяющейся при полном сгорании топлива массой 1 кг (удельной теплотой сгорания топлива — q). Другой его важнейшей характеристикой является жаропроизводительность, оцениваемая максимальной температурой, которую можно получить при полном сгорании топлива в воздухе. Так, при сгорании дров максимальная температура не превышает 1600 °С, каменный уголь дает 2050 °С, а бензин — 2100 °С.

Практически все добываемое топливо сжигается. Лишь около 10% нефти и газа используется в качестве сырья химической промышленностью. Именно поэтому на ноябрьском (1982 г.) Пленуме ЦК КПСС указывалось, что очень важно по-хозяйски использовать уголь, природный газ, нефть, нефтепродукты. Для этого, в частности, развивать строительство атомных и гидравлических станций, сокращая развитие тепловых электростанций. Известно, что много топлива расходуется на тепловых электростанциях, в различных тепловых двигателях, на технологические нужды (например, при выплавке металла, для нагрева заготовок в кузнечных и прокатных цехах) и на отопление жилых помещений и промышленных предприятий.

При сжигании топлива образуются продукты сгорания (сажа, оксиды серы и азота, диоксид углерода), которые обычно через дымовые трубы выбрасываются в атмосферу. Ежегодно таким образом в воздух попадают сотни миллионов тонн различных вредных веществ. Для защиты окружающей среды от загрязнения используют фильтры и другие устройства, улавливающие или разлагающие вредные выбросы, разрабатываются и применяются новые способы сжигания топлива, исключающие образование таких веществ. Охрана природы стала одной из важнейших задач человечества.

Природное топливо крайне медленно восполняется. Существующие ныне запасы образовались десятки и сотни миллионов лет назад. В то же время добыча топлива непрерывно увеличивается.

Истощение не грозит ветро- и гидроэнергетическим ресурсам — в отличие от топлива они непрерывно возобновляются. Хотя и здесь есть ограничения, связанные главным образом с экономичностью использования этой энергии. Дело в том, что гидроэлектростанцию, например, не построишь где угодно. Для этого необходимы определенные природные условия. Каждая река имеет гидроэнергетический потенциал, но не на каждой строительство гидроэлектростанции оправдано с экономической точки зрения.

Вот почему важнейшей проблемой энергетики в 70—80-х гг. стала проблема изыскания новых запасов энергетических ресурсов, в частности ядерной энергии, энергии солнечного излучения, внутреннего тепла Земли.

ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (ТЭС)

Энергию, скрытую в органическом топливе — угле, нефти или природном газе, невозможно сразу получить в виде электричества. Топливо сначала сжигают. Выделяющаяся энергия нагревает воду, превращает ее в пар. Пар вращает турбину, а та в свою очередь электрический генератор, который вырабатывает ток.

Весь этот сложный многоступенчатый процесс имеет место на тепловой электростанции (ТЭС), основными частями которой являются котельная установка, паровая турбина и электрогенератор. Котельная установка состоит из топки (в ней сжигается топливо), топочного пространства (через него продукты сгорания проходят в дымовую трубу) и парового котла, где кипит вода. Котельная установка вырабатывает пар, который направляют в паровую турбину. На одном валу с турбиной находится генератор, вырабатывающий электроэнергию (рис. 72).

В крупных городах чаще всего строят теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). Они, кроме электрической энергии, дают потребителям горячую воду и пар, которые используются прежде всего для отопления жилых и общественных зданий, а также для различных нужд. Ведь пар, покидающий паровую турбину, еще очень горячий.

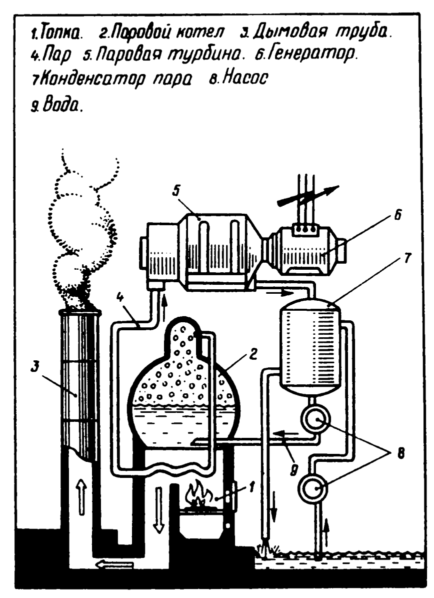


Рис. 72.
Упрощенная схема теплоэлектростанции (ТЭС).

На обогревание наших квартир, учреждений, предприятий расходуется огромная энергия. До Великой Октябрьской революции централизованного снабжения домов энергией не было. В каждом доме стояла печь, в которой сжигались дрова, уголь, экономичность такого теплоснабжения была очень невысокой. В первые годы Советской власти, когда по плану ГОЭЛРО приступили к строительству крупных тепловых электростанций, в нашей стране началось централизованное снабжение домов теплом.

За последние годы развитие теплофикации в нашей стране шло особенно быстро. Суммарная мощность ТЭЦ в 1980 г. достигла примерно 50 млн. кВт.

Наибольший вклад — 80% от всей электроэнергии, производимой в нашей стране,— дают ТЭС (тепловые электростанции). В отличие от ГЭС (гидроэлектростанций) их можно построить в любом месте, тем самым приблизить к потребителю и расположить равномерно по всей территории страны или района. Преимущество ТЭС еще и в том, что они работают практически на всех видах органического топлива — угле, сланцах, жидком топливе, природном газе. КПД тепловых электростанций различного типа колеблется от 35—42% до 50—60%.

В нашей стране построено несколько крупнейших ТЭС. Среди них Костромская, на которой установлена самая мощная в СССР паровая турбина. Ее мощность 1200 МВт. Кроме того, на ней установлено еще 8 агрегатов, мощностью 300 МВт каждый.

Наша страна — пионер строительства электростанций, энергию которым дает атомный реактор. Это также тепловые электростанции, но они используют не органическое, а ядерное топливо.

Первая в мире атомная электростанция (АЭС) была построена под Москвой в г. Обнинске в 1954 г. Мощность ее составляла всего 5 МВт. Однако она сыграла огромную роль экспериментальной установки, где накапливался опыт эксплуатации будущих крупных АЭС.

Начиная с 1964 г. в нашей стране ведется интенсивное строительство АЭС больших мощностей. Построены Белоярская АЭС мощностью 900 МВт, Нововоронежская мощностью 1455 МВт, Кольская мощностью 880 МВт, Ленинградская мощностью 3000 МВт и др.

Крупные АЭС у нас строят главным образом в европейской части, где сосредоточена значительная часть промышленности и населения. С каждым годом АЭС играют все более заметную роль в энергетическом балансе страны.

ГЕЛИОЭНЕРГЕТИКА

«Собрать», сконцентрировать солнечную энергию может каждый. Для этого достаточно иметь линзу. В ясный солнечный день линза соберет его лучи в яркое пятнышко. Температура там такая, что загорается бумага. Вопросами концентрации солнечной энергии, преобразованием ее в другие виды энергии, удобные

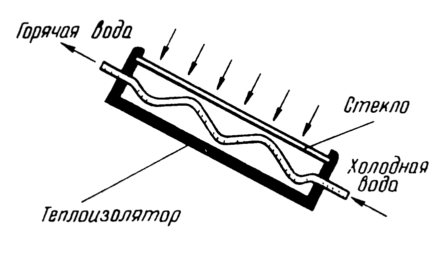


Рис. 73

для практического применения, занимается гелиоэнергетика (это слово происходит от греческого слова «Гелиос» — Солнце). От Солнца на Землю идет тепловой поток, энергия которого измеряется астрономической цифрой $1{,}57 \cdot 10^{18}$ кВт·ч в год.

Есть несколько направлений преобразования и использования солнечной энергии. Первое — это использование солнечного излучения для отопления зданий, кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения, сушки различных материалов и сельскохозяйственных продуктов, опреснения морской воды.

Основным устройством различных установок, применяемых для этих целей, является так называемый «горячий ящик» — коллектор (рис. 73), представляющий собой металлическую раму с трубками, по которым проходит теплоноситель (вода, воздух или специальные жидкости). Со всех сторон коллектор окружен теплоизоляционным корпусом, кроме той стороны, на которую падают солнечные лучи. Эта часть закрыта стеклом. Коллектор, площадь поверхности которого 1 $м^2$, дает в день до 80 л теплой (60—80 °С) воды. Как правило, солнечные коллекторы устанавливают под углом, с наклоном на юг. Установки для горячего водоснабжения, сушки сельскохозяйственных продуктов уже успешно работают в южных районах нашей страны. В песках Средней Азии и в горах, где чабаны пасут скот, нередко можно видеть, как чай и плов готовят на гелиоустановках, пресную воду получают из гелиоопреснителей. В 1977 г. в Бухарской области Узбекской ССР вступил в строй специализированный завод по производству различных гелиоустановок.

Второе направление использования солнечной энергии — преобразование ее в электрическую. Для этого служат солнечные батареи. Это полупроводниковые приборы, в которых непосредственно происходит превращение солнечной энергии в электрическую. Но солнечные батареи пока лишь маломощные источники, которые используются для питания электронной аппаратуры на спутниках и космических кораблях. Исследования в этом направлении только начинаются. И уже существуют проекты, объединяющие первое и второе направления использования энергии Солнца.

ГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (ГеоТЭС)

Мы ходим по Земле и не ощущаем ее внутреннего тепла. А ведь на глубине 2000—3000 м температура горных пород достигает 100 °С. Вода, попадая по трещинам и водоносным пластам на такие глубины, нагревается и начинает кипеть. По трещинам, щелям в земной коре горячая вода и пар поднимаются на поверхность — образуются горячие геотермальные источники.

В нашей стране найдено более 60 крупных геотермальных районов с мощными выходами на поверхность горячей воды. И естественно, люди стремятся использовать эту энергию. Так, в городе Махачкале для водоснабжения жилых домов горячей водой используют источники горячих подземных вод с температурой 60—70 °С.

Горячая вода и пар из геотермальных источников служат и для получения электрической энергии. ГеоТЭС по сути ничем не отличаются от тепловой электростанции. Только источник энергии в ней не топливо, а внутреннее тепло Земли. На ГеоТЭС нет ни паровых котлов, ни топливных систем, ни высоких труб.

В нашей стране в 1966 г. в районе вулканов в долине реки Паужетки, на юге Камчатки, вступила в строй первая ГеоТЭС мощностью 5 МВт. Недалеко от Паужетской ГеоТЭС, на Нижне-Кошелевском геотермальном источнике, запланировано строительство еще более крупной электростанции. Предполагаемая ее мощность — 94 МВт.

Не случайно, что ГеоТЭС в первую очередь строятся в тех местах, где сильна вулканическая деятельность. В этих районах магма — расплавленное вещество земных недр с температурой от 600 до 1200 °С — находится близко к поверхности. Очаги такой магмы на территории нашей страны расположены в районе Курильско-Камчатской гряды. Запасы энергии вулканов весьма велики. Например, в районе Авачинского вулкана, по приблизительным оценкам, запас термальной энергии может обеспечить длительную работу электростанции мощностью 1 ГВт.

Подземные паровые котлы можно сделать и искусственно. Для этого в глубине земли мощным взрывом создают большую полость, в которую потом насосами закачивают холодную воду. Она отбирает энергию от глубоколежащих пород, и по другой системе труб уже нагретая вода и пар идут на электростанцию.

Так человек превращает энергию глубоких слоев Земли и жар вулканов в новый источник энергии.

Интересно знать

1. Появление термометра в середине XVIII в. вызвало не меньший энтузиазм, чем открытие лазера в наши дни. Вот как писал об этом изобретении Реомюр в 1730 г.:

...Термометр, без сомнения, есть одно из чудесных изобретений современной физики, которое в свою очередь много содействовало ее успехам. Он нам доставил большое число интересных знаний, которые были бы недостижимы без его помощи.

Как во многих случаях могли бы мы без термометра узнать, что жидкости (некоторые), смешанные между собой, нагреваются? Без термометра мы никогда не открыли бы, что при растворении известных солей происходит охлаждение, а также при каких солях это охлаждение обнаруживается наиболее сильно. Мы не могли бы также узнать, что один кусок льда может быть холоднее другого. Мы также не могли бы открыть, что кипящая вода имеет температуру, выше которой вода вообще не может быть нагрета (при нормальном давлении).

Все физики знают, что с термометром в руках можно произвести бесчисленные опыты. Но в этом приборе нуждаются не одни физики; применение его не ограничивается лабораториями — мы обычно узнаем по термометру, какова, например, температура воздуха...

До сих пор (т. е. до 1730 г.) термометры почти совсем не употреблялись для определения наибольшего холода и жары в различных климатах. А между тем таким образом легко узнать, сколько градусов тепла или холода может выдержать человек. Столь же важно бы знать, в каких температурах нуждаются для произрастания те растения и деревья, которые могли бы у нас акклиматизироваться.

2. Известно, что, чем ниже атмосферное давление, тем любая жидкость быстрее закипает. На высоте около 20 км вода кипит при температуре $+37$ °C. На этой высоте закипит и кровь. Это одна из причин того, что космонавты во время полета находятся в герметически закрытых кабинах и скафандрах, в которых поддерживается давление, близкое к атмосферному.

3. **Чайный лист — причина града.** Каждый год ливни с градом опустошают чайные плантации Кении. По рассказам старожилов таких явлений не было до тех пор, пока тут не посадили чайные кусты. Ученые решили найти причину участившихся бурь,

наносящих серьезный урон сельскому хозяйству. Прежде всего они исследовали атмосферу в этом районе и убедились, что во время сбора чайного листа теплые потоки воздуха поднимают вверх массу микроскопических органических частиц. Они оказались частичками засохших чайных листьев. Такие же частицы были обнаружены и внутри ледяных шариков-градинок.

Вывод был однозначным: именно чай является причиной образования градовых туч. Его частицы становятся ядрами кристаллизации, вокруг которых в холодных слоях атмосферы нарастает лед — образуется град. Причины известны, а вот методы борьбы с этим явлением пока еще не найдены.

Глава VII

ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

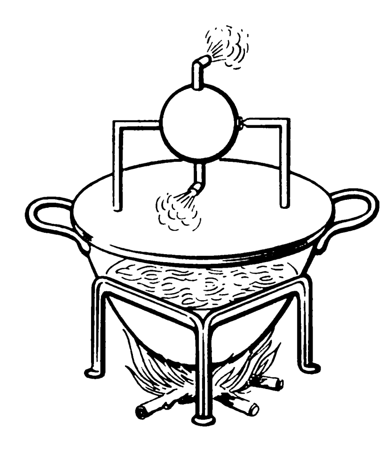
ПЕРВЫЕ ТЕПЛОВЫЕ МАШИНЫ

По книге А. Ефимова «Сильнее Геркулеса»

Говорят, еще две с лишним тысячи лет назад, в III в. до нашей эры, великий греческий математик и механик Архимед построил пушку, которая стреляла с помощью пара. Рисунок пушки Архимеда и ее описание были найдены спустя восемнадцать столетий в рукописях великого итальянского ученого, инженера и художника Леонардо да Винчи.

Как же стреляла эта пушка? Один конец ствола сильно нагревали на огне. Затем в нагретую часть ствола наливали воду. Вода мгновенно испарялась и превращалась в пар. Пар, расширяясь, с силой и грохотом выбрасывал ядро. Для нас интересно здесь то, что ствол пушки представлял собой цилиндр, по которому, как поршень, скользило ядро.

Примерно тремя столетиями позже в Александрии — культурном и богатом городе на Африканском побережье Средиземного моря — жил и работал выдающийся ученый Герон, которого историки называют Героном Александрийским. Герон оставил несколько сочинений, дошедших до нас, в которых он описал разные машины, приборы, механизмы, известные в те времена. Сочинения Герона очень ценны потому, что, в отличие от других ученых того времени, он интересовался техникой и сумел оставить потомкам описание не только собственных изобретений, но и многих других, существовавших раньше и известных ему.


Рис. 74.
Геронов шар.

В сочинениях Герона есть описание прибора, который сейчас называют *Героновым шаром* (рис. 74). Он представляет собой полый железный шар, закрепленный так, что может вращаться вокруг горизонтальной оси. Из закрытого котла с кипящей водой пар по трубке поступает в шар и через изогнутые трубки вырывается наружу. При этом шар приходит во вращение. Внутренняя энергия пара превращается в механическую энергию вращения шара. Геронов шар — прообраз *реактивных двигателей.*

В то время изобретение Герона не нашло себе применения и осталось забавной игрушкой.

Прошло пятнадцать столетий. Во времена нового расцвета науки и культуры, наступившего после мрачного периода средних веков, Леонардо да Винчи задумывается над тем, как можно было бы использовать внутреннюю энергию пара. В его рукописи мы находим несколько рисунков с изображением цилиндра и поршня. Под поршнем в цилиндре находится вода, а сам цилиндр подогревается. Леонардо да Винчи полагал, что образовавшийся в результате нагрева пар, расширяясь и увеличиваясь в объеме, будет искать выход и толкать поршень вверх. Во время своего движения поршень мог бы совершать полезную работу.

Примерно через сто с лишним лет после Леонардо да Винчи другой итальянец, Д. Бранка, описал двигатель, в котором использовалась энергия пара в другом виде. Это было колесо с лопатками, в которое с силой ударяла струя пара, благодаря чему колесо начинало вращаться. Таким образом, по существу, была изобретена *паровая турбина.*

Вот некоторые идеи, известные человеку к тому времени, когда он начал работать над созданием настоящего рабочего теплового двигателя, способного приводить в действие различные машины и механизмы.

Над изобретением паровой машины в XVII—XVIII вв. трудились многие — Томас Севери и Томас Ньюкомен (в Англии), Дени Папен (во Франции), И. И. Ползунов (в России) и др.

Дени Папен был человеком необычной судьбы. Он родился во Франции в семье врача и сам стал врачом, получив прекрасное медицинское образование. Отец его мечтал о блестящей карьере сына, надеясь, что со временем тот займет должность королевского лекаря. Но этому не суждено было случиться. После встречи в Парижской академии наук со знаменитым голландским ученым Христианом Гюйгенсом молодой Папен, еще и раньше увлекавшийся различными техническими идеями, окончательно порывает с медициной. Он решает посвятить себя интереснейшей и важнейшей в то время области техники — созданию тепловой машины.

Папен построил цилиндр, в котором поршень свободно перемещался вверх и вниз. Поршень был связан тросом, перекинутым через блок, с грузом, который тоже вслед за поршнем поднимался и опускался. По мысли Папена, поршень можно было связать с какой-либо машиной, например водяным насосом, который стал бы качать воду. В нижнюю, откидывающуюся часть цилиндра насыпали порох, который затем поджигали. Образовавшиеся газы, стремясь расшириться, толкали поршень вверх. После этого поршень с наружной стороны обливали холодной водой. Газы в цилиндре охлаждались, и давление их на поршень уменьшалось. Поршень под действием собственного веса и наружного атмосферного давления опускался вниз, поднимая при этом груз. Двигатель совершал полезную работу. Но для практических целей он не годился. Немыслимо было каждый раз насыпать в цилиндр порох, поджигать его, затем пускать воду, и так все время, пока двигатель работает. Кроме того, применение взрыва для поднятия поршня было далеко не безопасно.

В двигателе, построенном Папеном, проглядываются основные черты современного *двигателя внутреннего сгорания*. Однако потребовалось много времени и труда большого числа изобретателей, чтобы двигатель внутреннего сгорания был построен. Сам Папен пошел по другому пути — пути создания поршневых паровых машин.

В новом двигателе (рис. 75) Папен вместо пороха использовал воду. Воду наливали под поршень и цилиндр нагревали. Образующийся пар поднимал поршень. Затем цилиндр охлаждали и находящийся в нем пар конденсировался — превращался снова в воду. Поршень, как и в случае порохового двигателя, под действием своего веса и атмосферного давления опускался вниз. Этот двигатель работал лучше, чем пороховой.

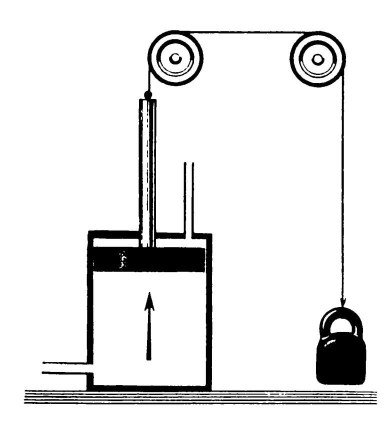


Рис. 75.
Схема машины Папена.

Но для практического использования он был также мало пригоден: нужно было подводить и отводить огонь, подавать охлаждающую воду, ждать, когда пар сконденсируется, закрывать воду... Были еще хлопоты с отводом воздуха, остановкой поршня в крайних положениях... Эти недостатки были главным образом связаны с тем, что образование пара, необходимого для работы двигателя, происходило в самом цилиндре.

А что если в цилиндр впускать уже готовый пар, полученный, например, в отдельном котле? Тогда достаточно было бы попеременно впускать в цилиндр то пар, то охлаждающую воду, и двигатель работал бы с большей скоростью и меньшим потреблением топлива.

Дени Папен этого не сделал. Об этом догадался его современник англичанин Томас Севери, построивший паровой насос для откачки воды из шахты. В его машине пар получали не в цилиндре, а в котле.

Вслед за Севери английский кузнец Томас Ньюкомен со своим помощником Коули построили паровую машину, также приспособленную для откачивания воды из шахты. В этой машине Ньюкомен очень умело использовал многое из того, что было придумано до него. Он взял цилиндр с поршнем Папена, но пар для подъема поршня получал в отдельном котле, как это делал Севери в своем паровом насосе. Когда поршень в цилиндре находился в нижнем положении, открывали кран, и поступивший в цилиндр пар начинал толкать поршень вверх. Поршень через цепь и качающийся рычаг (балансир, как его называют) был связан со штангой водяного насоса. Эта штанга при ходе поршня вверх опускалась вниз. Когда поршень доходил до верхнего положения, перекрывали кран, впускающий пар, и открывали другой, через который в цилиндр впрыскивалась холодная вода. Пар конденсировался, и поршень под действием атмосферного давления опускался. Штанга водяного насоса при этом шла вверх, и насос откачивал очередную порцию воды. Далее повторялось все сначала.

Машина Ньюкомена, так же как и построенные до нее маши-

ны, работала прерывисто — между двумя рабочими ходами поршня была пауза. Эта машина была высотой с четырех-пятиэтажный дом. От своих предшественниц она унаследовала огромную «прожорливость»: пятьдесят лошадей еле-еле успевали подвозить ей топливо. Обслуживало машину не менее двух человек одновременно. Один — кочегар — непрерывно подбрасывал топливо в «ненасытную пасть» топки, а второй — управлял кранами, впускающими пар и холодную воду в цилиндр. Это была очень тяжелая и изнурительная работа.

ПАРОВАЯ МАШИНА И. И. ПОЛЗУНОВА

Паровые машины начали свое шествие по земле. Казалось, до создания универсального парового двигателя оставалось совсем немного. Нужно было только добиться, чтобы паровая машина могла приводить в действие не только механизмы прерывистого действия (например, водяные насосы), но и такие машины, как станки, у которых вал вращается непрерывно.

Однако понадобилось еще 50 лет, чтобы универсальный двигатель был наконец построен. Произошло это не в Англии — стране, где наиболее бурно развивалась промышленность и много изобретателей трудились над созданием парового двигателя, а в отсталой крепостной России, на одной из отдаленных ее окраин — Алтае.



Памятник И. И. Ползунову в Барнауле. ***Иван Иванович Ползунов*** **(1728—1766) — русский теплотехник, один из изобретателей теплового двигателя, создатель первой в России паросиловой установки. Имя И. И. Ползунова присвоено Свердловскому ордена Трудового Красного Знамени горно-металлургическому техникуму и Центральному научно-исследовательскому котлотурбинному институту в Ленинграде.**

На первый взгляд это может показаться странным. Почему именно в России, где труд не имел никакой цены и где самым дешевым двигателем были натруженные руки крепостных? Неужели царское правительство так заботилось об облегчении каторжных условий работы крепостных на рудниках, плавильных заводах, шахтах? Конечно, нет.

Машины на предприятиях России в то время начали появляться благодаря усилиям отдельных выдающихся изобретателей. Чаще всего это были выходцы из простого народа — им особенно близки и понятны его нужды.

В это время на Алтае работал гениальный русский изобретатель, солдатский сын Иван Ползунов. Ему-то и принадлежит честь создания проекта первого универсального парового двигателя. Иван Ползунов учился в Екатеринбурге (сейчас это город Свердловск) в горнозаводской школе. Эту школу создал Василий Татищев — питомец Петра I и первый начальник учрежденной на Урале Горной канцелярии. В школе обучали математике, началам механики, черчению, горному делу и набирали туда трудолюбивых мальчиков, хорошо окончивших начальную «словесную» школу. Иван Ползунов попал в горнозаводскую школу (она еще называлась «арифметической») десяти лет от роду. В 1742 г. после окончания школы он стал учеником механика Горной канцелярии. В то время Ване Ползунову было всего четырнадцать лет, и с этого дня началась его трудовая жизнь.

В двадцать лет Ползунова направляют на самостоятельную работу в Барнаул. Здесь находились принадлежавшие царской казне рудники и несколько заводов, выплавляющих серебро.

На Барнаульском плавильном заводе Ползунов и построил свою «огнедействующую» машину. Изобретение это было делом всей его жизни, и можно сказать, что оно стоило ему жизни. «Механикус» Ползунов, такое звание пожаловала ему императрица Екатерина, подорвав свое здоровье тяжелой работой, не дожил недели до пуска своего детища.

Работал Ползунов чрезвычайно много. У него была огромная жажда знаний. После тяжелого трудового дня долгими ночами просиживал он за книгами, изучая физику, механику, металлургию, горное и строительное дело, природу теплоты, и самостоятельно завершил свое образование. Длительный и упорный труд сделал его одним из самых технически образованных людей своего времени.

Ползунов лучше многих понимал, что невозможно уже довольствоваться водяным двигателем. Нужен двигатель для заводов и рудников, расположенных далеко от реки, на которых труд крепостных был особенно тяжелым. Ползунов предвидел большое будущее такого двигателя и потому поставил перед собой цель создать его.

В апреле 1763 г. Ползунов заканчивает расчеты машины и подает проект на рассмотрение (рис. 76). В отличие от паровых насосов Севери и Ньюкомена, о которых Ползунов знал и недостатки которых ясно понимал, это был проект *универсальной машины непрерывного действия.* Машина предназначалась для воздуходувных мехов, нагнетающих воздух в плавильные печи. Главной ее особенностью было то, что рабочий вал качался непрерывно, без холостых пауз. Это достигалось тем, что Ползунов в своей машине предусмотрел вместо одного цилиндра, как это было в машине Ньюкомена, два попеременно работающих. Пока в одном цилиндре поршень под действием пара поднимался вверх, в другом цилиндре пар конденсировался и поршень двигался вниз. Оба поршня были связаны с одним общим рабочим валом, который они поочередно поворачивали то в одну, то в другую сторону. В этой машине рабочий ход осуществлялся не за счет атмосферного давления, как в машине Ньюкомена, а за счет работы пара в цилиндре. Весной 1766 г. ученики Ползунова, спустя неделю после смерти своего учителя, испытали машину.

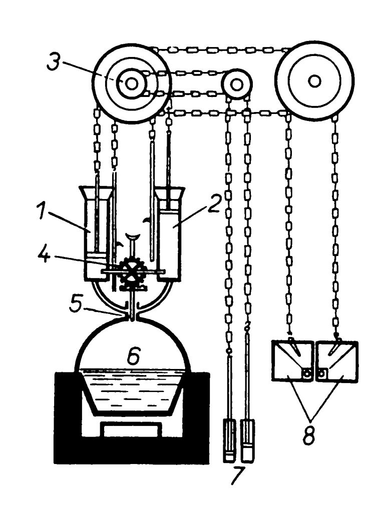


Рис. 76.
Схема проекта универсального двигателя И. И. Ползунова: 1 и 2 — поршни; 3 — главный вал; 4 — водораспределительный кран; 5 — парораспределительный клапан; 6 — паровой котел; 7 — насосы; 8 — привод к воздуходувным мехам.

Она работала в течение 43 суток и приводила в движение мехи трех плавильных печей. Потом котел дал течь; кожа, которой были обтянуты поршни, чтобы уменьшить зазор между стенкой цилиндра и поршнем, истерлась, и машина остановилась навсегда. Больше ею никто не занимался.

Ползунов умер, когда ему было всего 38 лет. Вскоре о нем забыли. Судьба гениального изобретателя не была исключением в царской России.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПАРОВОЙ МАШИНЫ

Создателем универсального парового двигателя, который получил широкое распространение, стал английский механик Джеймс Уатт. Работая над усовершенствованием машины Ньюкомена, он в 1784 г. построил двигатель, который годился для любой машины (рис. 77). А нужда в таком двигателе была огромная. В наиболее развитых странах Европы на фабриках и заводах ручной труд все больше заменялся работой машин. Универсальный двигатель стал необходим производству, и он был создан.

Уатт, прежде всего, предложил направлять пар в цилиндр поочередно то под поршень, то сверху поршня, т. е. превратил оба хода поршня (вверх и вниз) в рабочие. Таким образом он создал цилиндр двойного действия. Машина стала мощнее. Пар в верхнюю и нижнюю часть цилиндра направлял специальный *парораспределительный механизм*. Впоследствии он был усовершенствован и назван *золотником*.

Затем Уатт пришел к выводу, что необязательно все время, пока поршень движется, подавать в цилиндр пар. Достаточно впустить какую-то порцию пара и сообщить поршню движение, а дальше этот пар начнет расширяться и перемещать поршень в крайнее положение. Это сделало машину экономичней: меньше требовалось пара, меньше расходовалось топлива.

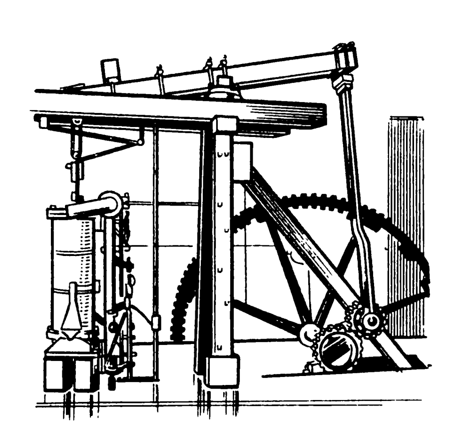


Рис. 77

Кроме того, в двигателе Уатта применен *кривошипно-шатунный* механизм для превращения возвратно-поступательного движения поршня во вращательное движение колеса. От этого колеса вращательное движение передается любому станку. Кривошипно-шатунный механизм (рис. 78) состоит из *шатуна 3* (шатающаяся тяга) и *кривошипа 4*

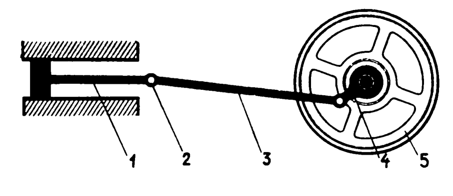
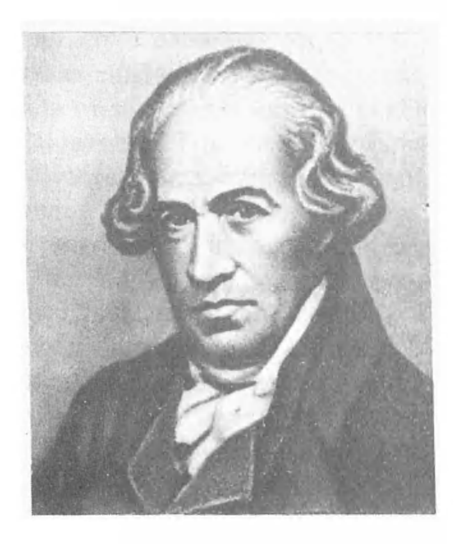


Рис. 78

Джеймс Уатт **(1736—1819) — английский изобретатель, создатель универсального парового двигателя (первая паровая машина была им построена в 1774 г.). Усовершенствовал машину Ньюкомена, изобрел конденсатор, выдвинул идею применения расширения пара в цилиндре. Ввел первую единицу мощности — лошадиную силу.**



(кривой шип). Кривошип закреплен на валу колеса *5* и может вращаться вместе с ним. Шатун одним концом связан с *балансиром 2*, а другим концом — с кривошипом. Поршень *1* машины приводит в колебательное движение балансир, шатун передает это колебание кривошипу, конец которого описывает круги. Вместе с кривошипом начинает вращаться колесо и жестко связанный с ним вал.

Все введенные Уаттом усовершенствования и превратили паровой насос в универсальный паровой двигатель.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ МАШИН

Итак, к концу XVIII в. все основные виды тепловых двигателей: *паровые машины, двигатель внутреннего сгорания* (прообразом которого является машина Дени Папена с пороховыми зарядами), *паровые турбины* Д. Бранка и *реактивные двигатели* (вспомните Геронов шар) — были разработаны в общих чертах. Однако степень совершенства этих машин и их применение были далеко не одинаковыми. Если паровые машины после усовершенствований, внесенных Уаттом, получили широкое распространение на заводах, фабриках, электростанциях и т. д., то паровые турбины, реактивные двигатели были всего лишь забавными игрушками, а двигатель внутреннего сгорания существовал только в проектах, часто не осуществимых.

К середине XIX в. паровые машины, как очень не экономичные (КПД самых совершенных тепловых машин не более

15—20%), начинают вытесняться другими двигателями — паровыми и газовыми турбинами и двигателями внутреннего сгорания. Однако в последнее время конструкторы вновь обратились к паровым машинам. В основном это связано с тем, что отработанные газы других двигателей сильно загрязняют окружающую среду, создавая угрозу природе и людям. Сейчас уже разработано несколько вариантов паровых двигателей для установки их на автомобили.

Двигатель внутреннего сгорания появился в середине XIX в. А уже в 1884 г. капитан морского флота О. С. Костович создал очень мощный и легкий (для того времени) бензиновый двигатель. Этот двигатель имел мощность около 60 кВт и предназначался для дирижабля.

В двигателях внутреннего сгорания, так же как и в паровой машине, главная часть — цилиндр с поршнем. Но в отличие от паровой машины в двигателях внутреннего сгорания на поршень давит не пар, а раскаленный сжатый газ, образовавшийся в результате сжигания топлива внутри цилиндра (отсюда и название двигателя). Существуют два вида двигателей внутреннего сгорания — *бензиновые* и *дизели*.

Бензиновые двигатели внутреннего сгорания работают на жидком топливе (бензине, керосине) или на горючем газе, который сохраняют в сжатом виде в баллонах или добывают сухой перегонкой из дерева. Проектируют двигатели, в которых горючим будет водород. В этих двигателях поступающая в цилиндр горючая смесь, состоящая из паров топлива и воздуха, готовится в особом устройстве, называемом *карбюратором*. Поэтому эти двигатели называют также и карбюраторными.

В дизельном[1] двигателе в цилиндре сжимают воздух. Степень сжатия при этом в 2—2,5 раза больше, чем в бензиновых, вследствие чего температура воздуха в конце сжатия становится достаточной для воспламенения мелкораспыленного топлива, которое впрыскивают в цилиндр. Дизель экономичнее бензинового двигателя, его КПД достигает 44%. Он работает на дешевых сортах топлива: мазут и др. Сконструированы и построены дизельные двигатели мощностью до 30 000 кВт.

Благодаря высокому КПД, небольшим размерам и простоте эксплуатации двигатели внутреннего сгорания получили широ-

[1] Этот двигатель назван так по имени изобретателя — немецкого ученого *Рудольфа Дизеля*.

кое применение на транспорте. На легковых автомобилях («Москвич», «Волга», «Жигули») устанавливаются двигатели мощностью 50—70 кВт, мощность двигателей грузовых автомобилей в 2—3 раза больше (КамАЗ-5320 оснащен двигателем мощностью 154 кВт). Еще более мощными двигателями обладают современные тепловозы и теплоходы. Например, на серийных тепловозах ТЭ10Л стоят дизели мощностью 2200 кВт, крупнейший пассажирский теплоход «Иван Франко» имеет два дизельных двигателя, по 7720 кВт каждый.

Первые практически пригодные паровые турбины начали появляться в конце XIX в. Они работали по тому же принципу, что и двигатель Джиованни Бранка. Дальнейшее усовершенствование машины шло по пути улучшения формы и материала лопаток турбины и сопла. Пар был заменен струей раскаленного газа. Турбины отличаются от паровых машин значительно меньшим весом и большей мощностью. Поэтому сразу после создания их начали использовать в качестве судовых двигателей.

КПД газовых турбин (где работает не пар, а предварительно сжатый раскаленный газ) достигает 40%, т. е. значительно превышает КПД паровых машин. Кроме транспорта, газовые турбины получили широкое распространение на тепловых электростанциях.

В 40-х годах XX в. началось бурное развитие реактивных двигателей. Первое применение эти двигатели нашли в военной технике — гвардейские минометы «Катюша», немецкие ракеты ФАУ-1 и ФАУ-2, двигатели реактивных самолетов.

Принципиальное устройство реактивного двигателя показано на рисунке 79. Горючее (в первых ракетах — пороховой заряд) сгорает в камере сгорания и образовавшиеся газы с большой скоростью вылетают из отверстия — *сопла*. Вылет газов сопровождается отдачей (подобно тому, как это происходит при вылете пули из ружья или снаряда из пушки). В результате этой отдачи возникает сила, приложенная к двигателю и направленная противоположно вылету газовой струи. Под действием такой силы вращался и Геронов шар, только там использовалась струя пара, а не газов.

В настоящее время в современных реактивных двигателях горючим служит не порох, а керосин, жидкий кислород, водород и другие виды топ-

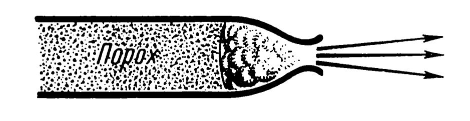


Рис. 79

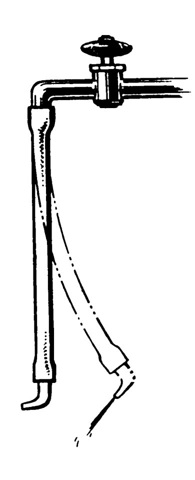


Рис. 80

лива. Эти двигатели могут развивать огромную мощность: например, 6 реактивных двигателей взлетной ступени космического корабля «Восток» имели общую мощность около 15 млн. кВт.

Применяются реактивные двигатели в воздушном транспорте и для космических полетов.

Задание 47

Возьмите резиновую трубку, в один ее конец вставьте изогнутую в виде буквы Г стеклянную или пластмассовую трубку, а другой конец наденьте на водопроводный кран (рис. 80). Откройте воду и пронаблюдайте отклонение резиновой трубки. Объясните явление.

Осуществить реактивное движение тела можно на следующем опыте.

Возьмите воздушный шарик, надуйте его и, не завязывая, отпустите. Что происходит с шариком? Объясните наблюдаемое явление.

Глава VIII

ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ ТЕЛ. СТРОЕНИЕ АТОМА

ЛЕГЕНДА ОБ ОТКРЫТИИ ЭЛЕКТРИЗАЦИИ

По книге В. Рюмина «Занимательная электротехника»

Древние греки очень любили украшения и мелкие поделки из *янтаря*, названного ими за его цвет и блеск *«электрон»* — что значит «солнечный камень». Отсюда произошло, правда много позже, и самое слово *электричество.*

Способность янтаря электризоваться была известна давно. Впервые исследованием этого явления занялся знаменитый философ древности Фалес Милетский. Вот как об этом рассказывает легенда.

Дочь Фалеса пряла шерсть янтарным веретеном, изделием финикийских мастеров. Как-то, уронив веретено в воду, девушка стала обтирать его краем своего шерстяного хитона и заметила, что к веретену пристало несколько шерстинок. Думая, что они прилипли к веретену, потому что оно все еще влажно, она принялась вытирать его еще сильнее. И что же? Шерстинок налипало

тем больше, чем сильнее натиралось веретено. Девушка обратилась за разъяснением этого явления к отцу. Фалес понял, что причина в веществе, из которого сделано веретено, и в первый же раз, как к пристани Милета подошел корабль финикийских купцов, он накупил различных янтарных изделий и убедился, что все они, будучи натерты шерстяной материей, притягивают легкие предметы, подобно тому, как магнит притягивает железо.

Задание 48

Получение и обнаружение электрических зарядов. Вы можете повторить опыт дочери Фалеса Милетского. Янтарные изделия для этого иметь не обязательно — воспользуйтесь любым стеклянным или пластмассовым предметом.

Потрите, например, пластмассовую расческу о газету. Поднесите ее к соринкам, шерстинкам, маленьким кусочкам бумаги. Какое явление вы наблюдаете? Как оно называется? Отличается ли эта расческа чем-нибудь от той, которую не натирали?

Наличие электрического заряда на расческе можно проверить с помощью следующих самодельных приборов:

1. Соберите из двух деревянных палочек, дощечки и пластилина штатив, подобный тому, который показан на рисунке 81. Чувствительной частью прибора, обнаруживающего наличие электрического заряда, может служить легкая бумажная бабочка, которую надо подвесить на шелковой нити к штативу.

Натрите стеклянный или пластмассовый предмет газетой или шелковой материей. Поднесите его к бабочке. Пронаблюдайте, как бабочка притянется к наэлектризованному предмету.

2. Вырежьте из картона фигурку «человечка» и приколите

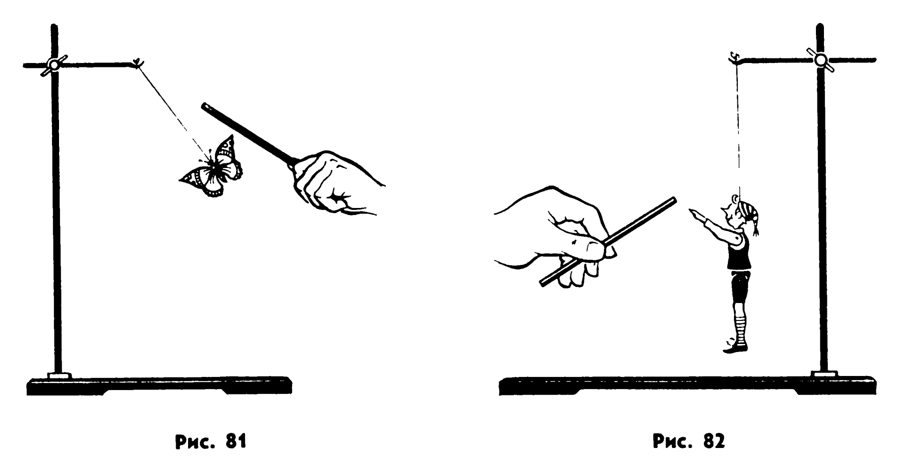


Рис. 81 Рис. 82

кнопкой к ее плечу подвижную, вырезанную из тонкой папиросной бумаги руку. Расширьте немного прокол, чтобы рука могла свободно вращаться. Укрепите «человечка» на подставке или на нити. Подносите к нему наэлектризованные тела. Человечек будет вытягивать руку, указывая ею на электрический заряд (рис. 82).

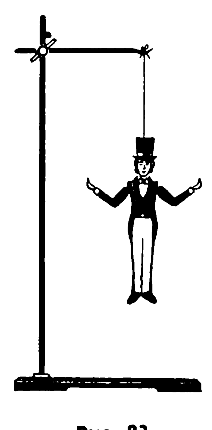


Рис. 83

3. Вырежьте из фольги фигурку «человечка». Можно для этого использовать также тонкий картон, оклеенный фольгой. В этом случае удобнее вначале оклеить картон, а потом вырезать из него ножницами фигурку. Подвесьте ее на шелковой нитке, руки вставьте в прорезь, сделанную у плеча (руки изготовьте из того же материала, что и фигурку).

Прикоснувшись к «человечку» наэлектризованным телом, вы увидите, как он разведет руки в стороны (рис. 83). Дотронувшись до «человечка» пальцем, убедитесь, что он опускает руки. Объясните наблюдаемое явление.

Как называется прибор, модель которого вы сделали?

ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ ТРЕНИЕМ НА ПРОИЗВОДСТВЕ И В БЫТУ

Технический прогресс не только расширяет возможности человека, его власть над природой, но одновременно ставит множество новых проблем. Так, например, сегодня в различных отраслях промышленности используются сильные электрические поля, широко внедряется в быт синтетика, а синтетические материалы обладают способностью накапливать электрические заряды. И приходится решать проблемы, связанные с влиянием электрических полей на технологические процессы, на организм человека.

Вот несколько примеров.

На одном из целлюлозно-бумажных комбинатов некоторое время не могли установить причину частых обрывов быстро движущейся бумажной ленты. Были приглашены ученые. Они выяснили, что причина заключалась в электризации ленты при трении ее о валки.

Такая «самопроизвольная» электризация весьма опасна, так как может стать причиной пожара.

При трении о воздух электризуется самолет. Поэтому после посадки к самолету нельзя сразу же приставлять металлический трап: может возникнуть разряд, который вызовет пожар. Сначала самолет «разряжают»: опускают на землю металлический трос, соединенный с обшивкой самолета, и разряд происходит между землей и концом троса.

Разряды электричества возникают и тогда, когда человек ходит по полимерным покрытиям полов современной квартиры, синтетическим коврам или снимает с себя нейлоновую одежду.

Есть ли способы и средства для борьбы с накоплением электрических зарядов? Безусловно, есть.

На производстве — это тщательное заземление станков, машин, применение токопроводящих пластиков для полов, увлажнение воздуха, использование различного рода «нейтрализаторов» (по условиям производства — индукционных, электрических, радиоизотопных, электроаэрозольных и др.).

В домашних условиях устранить заряды статического электричества довольно легко, повышая относительную влажность воздуха квартиры до 60—70% (для этого можно использовать электрические увлажнители). Электризация устраняется, если к воде, которой протирают пластиковые полы, добавить гидрофильные вещества, например хлорид кальция, а также если протирать электризующиеся поверхности глицерином. Химическая промышленность сейчас выпускает препарат «Антистатик», который снимает электрический заряд с синтетической одежды.

При соприкосновении наэлектризованного тела с заземленной поверхностью происходит электрический разряд. Влияние его на организм человека также изучается.

В результате исследований, проведенных в Ленинграде, было установлено, что разрядный ток силой до 20 мкА не вызывает заметных физиологических сдвигов в организме человека даже при длительном воздействии. Следовательно, разряды, возникающие в быту и при большинстве технологических процессов в результате соприкосновения наэлектризованного человеческого тела с заземленной поверхностью, не опасны для здоровья.

Следует отметить, что электризация синтетического белья, возникающая во время носки, оказывается даже полезной. Например, известно, что поливинилхлоридное белье помогает при лечении некоторых болезней.

Сильные электрические поля используются в медицине при создании электроаэрозолей. Они представляют собой лекарствен-

ные или другие биологические вещества, распыленные в электростатическом поле и обладающие целым рядом свойств, выгодно отличающих их от обычных аэрозолей: капельки электроаэрозоля сильнее измельчаются, меньше слипаются, при определенных условиях они глубже проникают в легкие (вплоть до мельчайших легочных ячеек — альвеол), создавая в них запасы постепенно всасывающихся лекарственных или биологически активных веществ.

ОПЫТ ИОФФЕ И МИЛЛИКЕНА

В начале XX в. советский физик Абрам Федорович Иоффе и американский ученый Роберт Милликен (независимо друг от друга) проделали опыты, доказавшие существование частиц, имеющих наименьший электрический заряд, и позволившие измерить этот заряд.

В чем заключался опыт, вам известно из учебника. Мы хотим рассказать немного о жизни и деятельности этих физиков и процитировать отрывки из их книг, где они рассказывают о своем эксперименте.

Абрам Федорович Иоффе родился в 1880 г. на Украине в г. Ромны. Окончил Петербургский технологический институт в 1902 г. и уехал в Германию продолжать образование. Он учился в Мюнхенском университете, который окончил в 1905 г. Его учителем был знаменитый В. Рентген. В 1906 г. Иоффе вернулся в Россию с дипломом доктора философских наук Мюнхенского университета и начал научно-педагогическую деятельность в Петербургском политехническом институте. В 1915 г. ему присвоили степень доктора Петербургского университета за исследование упругих и электрических свойств кварца.

После Октябрьской революции по его предложению и под его руководством во вновь созданном Государственном институте рентгенологии и рентгенографии организуется физико-технический отдел. Обстановка, в которой пришлось вести работу, была сложной: шла гражданская война; молодое Советское государство находилось в кольце врагов, которых поддерживали капиталисты всего мира; голод; разруха; старые научные кадры не все приняли революцию, часть уехала за границу; научные связи с другими странами почти полностью прерваны. И в это время А. Ф. Иоффе при содействии А. В. Луначарского создал в Петрограде научное учреждение, которое стало родоначальни-

ком большого числа научно-исследовательских институтов нашей страны.

В 1921 г. физико-технический отдел Государственного института рентгенологии и рентгенографии выделился в самостоятельный Физико-технический институт, руководителем которого стал А. Ф. Иоффе. А впоследствии из этого института выделились и стали самостоятельными научными учреждениями Украинский физико-технический институт, Уральский физико-технический институт, Институт химической физики и многие другие.

Видные ученые нашей страны И. В. Курчатов, П. Л. Капица, Н. Н. Семенов, Л. Д. Ландау, Б. П. Константинов, И. К. Кикоин и многие другие начинали свою научную работу под руководством А. Ф. Иоффе, считают себя его учениками и всегда с большой теплотой и любовью вспоминают о нем.

«Абрам Федорович Иоффе с первых дней революции встал на сторону Советской власти, он стал одним из выдающихся руководителей фронта физического образования и науки. Огромный талант ученого, педагога, организатора, а также доброжелательное отношение к людям, личное обаяние, преданность общественным интересам — все это определило неоценимый вклад А. Ф. Иоффе в развитие советской физики. Многие мои товарищи — физики, как и я сам,— считают и называют академика Иоффе отцом советской науки, и это мнение, я верю, будет общепризнанным в истории советской науки»,— писал академик Б. П. Константинов.

Научная деятельность Иоффе была широка и многообразна. Он был прекрасным экспериментатором, занимался вопросами физики полупроводников, много внимания уделял внедрению результатов научных исследований, принимал участие в разработке военной техники, в частности им был предложен принцип радиолокации для обнаружения неприятельских самолетов, интересовали его и возможности использования достижений науки в сельском хозяйстве.

Большая научная и организаторская деятельность А. Ф. Иоффе получила широкое признание в стране. Он был избран действительным членом Академии наук СССР, ему было присвоено звание Героя Социалистического Труда, звание заслуженного деятеля науки СССР, он был удостоен Государственной премии первой степени, награжден двумя орденами Ленина. Многие зарубежные академии и университеты избрали его своим почетным членом.

А. Ф. Иоффе скончался 14 октября 1960 г., не дожив две недели до своего восьмидесятилетия.

Роберт Милликен родился в 1868 г. в штате Иллинойс в семье священника. Детство его прошло в маленьком городке Макво-кета. В 1893 г. он поступил в Колумбийский университет, затем учился в Германии.

В 28 лет его пригласили преподавать в Чикагский университет. Вначале он занимался почти исключительно педагогической работой и только в сорок лет начал научные исследования, принесшие ему мировую славу.

«Одним из первых в ряду блестящих экспериментаторов, основавших и обосновавших новую физику, следует назвать Роберта Милликена... Характерной чертой исследований Милликена является их совершенно исключительная точность. Милликен во многих случаях повторял опыты, придуманные и даже выполненные другими лицами, но делал их с такой тщательностью и осмотрительностью, что его результаты становились бесспорной и неизбежной базой теоретического построения. Основная заслуга Милликена — измерение величины заряда электрона e и постоянной теории квантов h»,— писал об этом ученом академик С. И. Вавилов.

За свои экспериментальные исследования Р. Милликен в 1924 г. был удостоен Нобелевской премии.

Умер Милликен в 1953 г.

Как же удалось измерить заряд отдельного электрона?

Вот что пишут о своих опытах А. Ф. Иоффе и Р. Милликен.

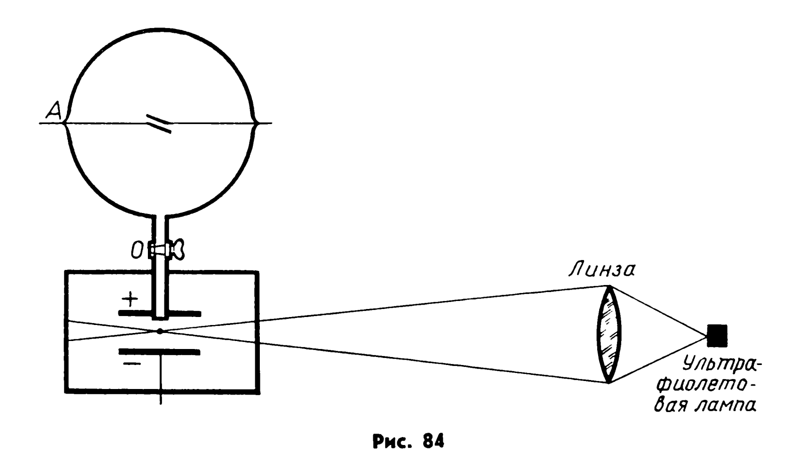


Рис. 84

А. Ф. Иоффе: «... В камере *А* создавались мелкие пылинки цинка, которые через узкое отверстие падали в пространство между двумя заряженными пластинками (рис. 84). Заряженная пылинка падает вниз, испытывая, как и всякое тело, силу тяжести. Но если она заряжена, на нее действуют и электрические силы в зависимости от знака заряда по направлению снизу вверх или сверху вниз. Подобрав электрический заряд пластинок, можно было остановить каждую падающую частичку так, чтобы она неподвижно повисла в воздухе. Мне удавалось целый день держать частичку в таком состоянии. Когда же на нее падал пучок ультрафиолетового света, он уменьшал заряд. Это сразу можно было заметить по тому, что с изменением заряда электрическая сила уменьшалась, тогда как сила тяжести не изменялась: равновесие нарушалось, частичка начинала падать. Приходилось подбирать другой заряд пластинок, чтобы снова остановить цинковую пылинку. И каждый раз мы имели возможность измерить ее заряд...

...Можно было снять 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7... до 50 зарядов, но это было всегда целое число электронов. Оказалось, что какое бы вещество мы ни взяли, будь то цинк, масло, ртуть, будет ли это действие света, или нагревание, или другое воздействие,— всякий раз, как тело теряет заряд, оно всегда теряет по целому электрону. Значит, можно было заключить, что в природе существуют только целые электроны»[1].

Р. Милликен: «...При помощи обыкновенного распылителя в камеру *С* (рис. 85) впускалась струя масла. Воздух, посредством которого вдувалась струя, освобождался сперва от пыли путем пропускания через трубку со стеклянной ватой. Капельки масла, составлявшие струю, были весьма малы; радиус большинства их был порядка 0,001 мм. Эти капельки медленно падали в камере *С*, иногда некоторые из них проходили сквозь маленькое отверстие *p* в центре круглой латунной пластинки *М* диаметром в 22 см, состав-

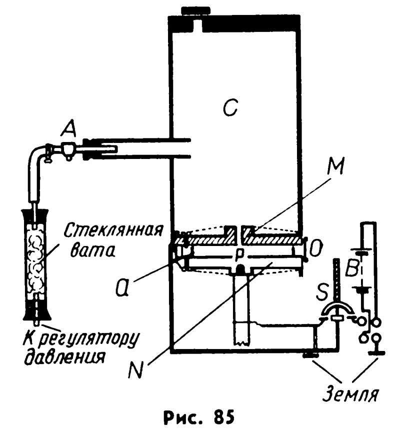


Рис. 85

[1] Иоффе А. Ф. Электрический заряд. М., 1948, с. 20—21.

лявшей одну из пластин воздушного конденсатора. Другая пластина — *N* — была укреплена на 16 мм ниже при помощи трех эбонитовых стоек *a*. Пластины эти могли заряжаться (одна положительно, а другая отрицательно) при помощи переключателя *S*, соединявшего их с полюсами 10 000-вольтовой аккумуляторной батареи *B*. Капельки масла, появлявшиеся вблизи *p*, освещались сильным пучком света, проходившего сквозь два окошечка, расположенных в эбонитовом кольце одно против другого. Если смотреть через третье окошечко *O*, направленное к читателю, капля представляется яркой звездочкой на темном фоне. Капли, проходившие через отверстие *p*, оказывались обыкновенно сильно заряженными вследствие трения при вдувании струи...

...Капли, имеющие заряды одного знака с верхней пластинкой, а также имеющие слишком слабые заряды противоположного знака, быстро падают. Те же капли, которые имеют слишком много зарядов противоположного знака, быстро притягиваются верхней пластинкой, преодолевая силу тяжести. В результате через 7 или 8 мин поле зрения вполне проясняется, и в нем остается только сравнительно небольшое число капель, а именно те, которые имеют заряд, как раз достаточный, чтобы поддерживаться электрическим полем. Эти капли представляются отчетливо видимыми яркими точками. Я несколько раз получал только одну такую звездочку во всем поле, и она держалась там около минуты...

...Во всех случаях, без всякого исключения, оказывалось, что как первоначальный заряд, возникший на капле вследствие трения, так и многочисленные заряды, захваченные каплей у ионов, равны точным кратным наименьшего заряда, захваченного из воздуха. Некоторые из этих капель не имели первоначально никакого заряда, а затем захватывали один, два, три, четыре, пять, шесть или семь элементарных зарядов или электронов. Другие капли первоначально имели семь или восемь, иногда двадцать, иногда пятьдесят, иногда сто, иногда сто пятьдесят элементарных единиц и захватывали в каждом случае один или несколько десятков элементарных зарядов в продолжение наблюдений. Таким обра ом, наблюдались капли со всевозможным числом электронов между одним и ста пятьюдесятью... Когда число их не превышает пятидесяти, то ошибка тут так же невозможна, как и при счете собственных пальцев. Однако при подсчете электронов в заряде, в котором их содержится свыше ста

или двухсот, нельзя быть уверенным в отсутствии ошибки... Но совершенно невозможно себе представить, чтобы большие заряды, как, например, те, с которыми мы имеем дело в технических применениях электричества, были построены, по существу, иначе, чем те малые заряды, которые мы можем сосчитать...

...Где бы ни встречался электрический заряд — на изоляторах или на проводниках, в электролитах или металлах,— везде он обладает резко выраженным зернистым строением. Он состоит из целого числа единиц электричества (электронов), которые все одинаковы. В электростатических явлениях эти электроны рассеяны по поверхности заряженного тела, а в электрическом токе они движутся вдоль проводника»[1].

ОПЫТ РЕЗЕРФОРДА

По книге К. Гладкова «Энергия атома»

Суть опыта Резерфорда, как вы знаете, заключалась в следующем. На пути узкого пучка альфа-частиц, испускаемых радиоактивным веществом, помещалась очень тонкая металлическая фольга из золота. Регистрировались альфа-частицы с помощью экрана из светящегося состава (сернистый цинк), расположенного вокруг мишени.

Чего можно было бы ожидать в результате попадания альфа-частиц в атомы золота, если бы атомы золота были сплошными шариками? Станут ли они расталкивать атомы золота, пробиваясь между ними, или же будут отскакивать от них в разные стороны?

Если альфа-частицам нужно будет как-то пробираться через гущу атомов золота, то им, естественно, придется претерпевать множество столкновений с ними, сотни и тысячи раз менять свое направление. И как следствие альфа-частицы будут рассеиваться, т. е. вылетать из золотого листка по самым различным направлениям (рис. 86).

На деле оказалось совсем не так. Подавляющая часть альфа-частиц проходила сквозь металл, почти не отклоняясь от прямолинейного пути, и лишь немногие отклонялись на большие углы, а иногда даже отскакивали назад (рис. 87).

Вспоминая через 20 лет об этих своих первых опытах, Резерфорд говорил:

---

[1] Милликен Р. Электрон. М., 1923, с. 51—53.



Рис. 86.
Так должны были бы рассеиваться α-частицы, если бы атомы бомбардируемого ими вещества были сплошными шариками.

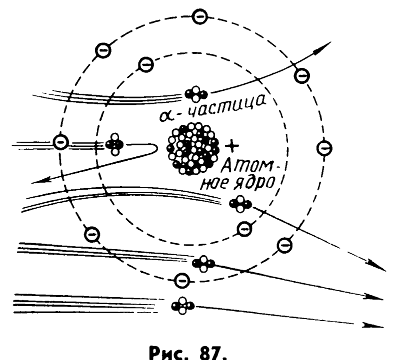


Рис. 87.
На самом деле рассеивание α-частиц атомом вещества происходит так.

«Это было, пожалуй, самое невероятное явление, которое когда-либо встречалось в моей жизни. Оно было почти таким же невероятным, как если бы вы обстреливали 15-дюймовыми снарядами лист самой тонкой бумаги, а они отскакивали бы обратно и попадали в вас. После размышления над этим обстоятельством я убедился, что это обратное рассеивание могло быть результатом только прямого попадания. Но когда я произвел нужные расчеты, то увидел, что полученный результат по величине тоже невероятен, за исключением того единственного случая, когда вы имеете дело с системой, в которой бóльшая часть массы атома сконцентрирована в ничтожно малом ядре».

Интересно знать

Электрометр

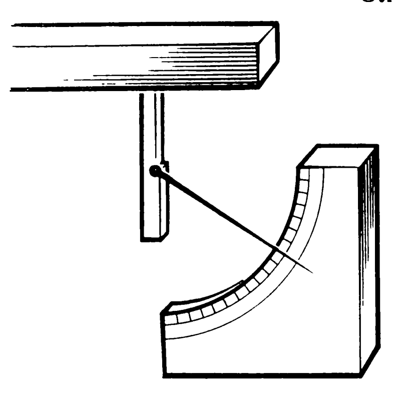


Рис. 88

Электрометр — прибор, позволяющий измерить электрический заряд, впервые был построен русским академиком Г. В. Рихманом, другом М. В. Ломоносова.

Об устройстве этого электрометра Рихман писал: «Указатель «электричества» (рис. 88) представляет собой вертикально расположенную металлическую линейку длиной около 52 см и массой

около 615 г, к которой подводится электрический заряд от электрической машины. К линейке прикрепляется льняная нить длиной около 61 см и массой около 45 мг. Угол отклонения нити фактически позволяет измерить электрическую силу».

Громоотвод

1780 г. Небольшой городок Сент-Оморе во Франции. Один из жителей установил на своем доме громоотвод. Его соседи были так напуганы и возмущены этим фактом, что возбудили судебное дело против владельца громоотвода. Процесс длился около четырех лет и наделал много шума. Интересно отметить, что в качестве защитника на суде выступал М. Робеспьер, в то время еще молодой адвокат. Одним из экспертов со стороны истца был Марат, известный ученый и публицист, а впоследствии выдающийся деятель французской революции. Марат считал громоотвод опасной затеей и был против его установки. После долгой борьбы М. Робеспьер выиграл процесс.

Глава IX

ЗАКОНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

ОПЫТЫ ГАЛЬВАНИ

По книге В. П. Карцева «Приключения великих уравнений»

В конце 1780 г. профессор анатомии в Болонье Л. Гальвани занимался в своей лаборатории изучением нервной системы отпрепарированных лягушек.

Совершенно случайно получилось так, что в той же комнате работал его приятель-физик, производивший опыты с электричеством. Одну из препарированных лягушек Гальвани положил на стол, на котором стояла электрическая машина.

В это время в комнату вошла жена Гальвани. Ее взору предстала жуткая картина: при искрах в электрической машине лапки мертвой лягушки, прикасавшиеся к железному предмету (скальпелю), дергались. Жена Гальвани с ужасом указала на это мужу.

Столкнувшись с необъясненным явлением, Гальвани счел за лучшее детально исследовать его на опыте.

«Я считал, что сделаю нечто ценное,— писал Гальвани,— если кратко и точно изложу историю моих открытий в таком порядке и расположении, в каком мне их доставил отчасти случай и счастливая судьба, отчасти трудолюбие и прилежание. Я сделаю то, чтобы дать как бы факел в руки тех, кто пожелает пойти по тому же пути исследования».

Последуем же за Гальвани в его опытах.

«Я разрезал лягушку и положил ее без всякого умысла на стол, где на некотором расстоянии стояла электрическая машина. Случайно один из моих ассистентов дотронулся до нерва лягушки скальпелем и в тот же момент мускулы лапки содрогнулись как бы в конвульсиях.

Другой ассистент, обыкновенно помогавший мне в опытах по электричеству, заметил, что явление это происходило лишь тогда, когда из машины извлекалась искра.

Пораженный новым явлением, я тотчас же обратил на него внимание, хотя замышлял в этот момент совсем иное и был всецело поглощен своими мыслями. Меня охватила неимоверная жажда и рвение исследовать это и пролить свет на то, что было под этим скрыто»

Гальвани решил, что все дело в электрических искрах. Чтобы получить более сильный эффект, он во время грозы вывесил на *балкон* несколько отпрепарированных лягушачьих лапок на *медных проволочках*. Однако молнии — гигантские электрические разряды никак не повлияли на поведение отпрепарированных лягушек. Что не удалось молнии, сделал ветер. При порывах ветра лягушачьи лапки раскачивались и иногда касались железных прутьев балкона. Как только это случалось, лапки дергались. Гальвани, однако, отнес явление все-таки на счет грозовых электрических разрядов.

«После успешных опытов во время грозы я пожелал,— пишет Гальвани,— обнаружить действие атмосферного электричества в ясную погоду. Поводом для этого послужило наблюдение, сделанное мною над заготовленными лапками лягушки, которые, зацепленные медным крючком, были подвешены на железную решетку забора моего сада: лапки содрогались не только во время грозы, но и тогда, когда небо было совершенно ясно.

Подозревая, что эти явления происходят вследствие изменения атмосферы в течение дня, я предпринял опыты.

Когда я производил опыт под открытым небом, я был склонен принять теорию, что сокращения возникают вследствие атмосферного электричества, которое, постепенно проникнув в животное и собравшись в нем, неожиданно разряжалось, когда крючок приходил в соприкосновение с железными перилами.

Но, однако, в продолжение ряда дней в различные часы я наблюдал подвешенную на заборе лапку, но не обнаружил какихлибо движений в ее мускулах.

Когда же я перенес лягушку в комнату, положил на железную дощечку и прижал медный крючок к дощечке, те же самые спазматические содрогания были налицо.

Так легко обманываем мы себя при опытах и думаем, что действительно видели то, что желаем видеть.

Я производил опыт с разными металлами в различные часы дня в разных местах — результат был один и тот же, разница была в том, что содрогания были более сильные при одних металлах, чем при других.

Затем я испытал различные тела, которые не являются проводником электричества, например стекло, смолу, резину, камень и сухое дерево.

Явлений не было.

Это было несколько неожиданно и заставило меня предположить, что электричество находится внутри животного...»

Эта длинная цитата — интересная иллюстрация творческого метода Гальвани. Он провел, по сути дела, все эксперименты, чтобы получить правильные выводы. Отдадим дань его умению ставить эксперименты. Он показал, что для эффекта необходимы *металлы*, что при наличии тел, не являющихся проводниками электричества, никакого эффекта нет, наконец, он показал даже, что *разные металлы* дают *разную* степень эффекта.

Но правильного вывода Гальвани не сумел сделать. Будучи врачом, а не физиком, он видел причину в так называемом «животном электричестве». Свою теорию Гальвани подтверждал ссылкой на известные случаи разрядов, которые способны производить некоторые живые существа, например «электрические рыбы».

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РЫБЫ

По книге В. П. Карцева «Приключения великих уравнений»

На базальтовых стенах и колоннах древнеегипетских храмов среди бесчисленных изображений ибисов[1], быков, воинов нет-нет да и попадаются изображения священной рыбы. Даже беглый взгляд на нее дает точный ответ: это нильский электрический сом — близкий родственник хорошо знакомого всем нам европейского сома. Видимо, мощный электрический удар, который получал древний египтянин при попытке коснуться этой рыбы, способствовал присвоению ей священного титула.

Электрические рыбы известны человечеству с древнейших времен. Еще Аристотель рассказывал своим ученикам, что электрический скат, обитающий в Средиземном море, «заставляет цепенеть животных, которых он хочет поймать, побеждая их силой удара, живущего в его теле».

А древнеримский врач Скрибоний, говорят, небезуспешно излечивал подагру стареющих римских патрициев с помощью «освежающего» удара электрического угря.

О природе этих ударов никто не догадывался до Алессандро Вольта, который сопоставил удар, получаемый от электрического ската, с ударом от построенной им батареи — *вольтова столба* (см. рис. 89).

Однако планомерные глубокие исследования этих явлений начались лишь в наше время, когда появилась аппаратура, записывающая импульсы рыб. Исследования показали, что среди трехсот известных видов электрических рыб лишь немногие дают сильные импульсы. Так, двухметровый электрический скат способен создать электрический импульс напряжением 50—60 В при силе тока 50 А — вполне достаточный, чтобы парализовать рыбу чуть поменьше его самого. Электрические угри, живущие в Амазонке и некоторых других южноамериканских реках, способны создавать импульсы напряжением 500 В, которое опасно для жизни человека. Известный естествоиспытатель А. Гумбольдт, много путешествовавший в бассейне Амазонки, рассказывал о том, как индейцы охотятся на эту рыбу. Перед охотой они впускают в водоем, где обитают угри, лошадей. Обессилевшие от множества разрядов угри становятся легкой добычей индейцев.

Зачем рыбам электрический разряд? У тех рыб, о которых

[1] Птица из отряда аистовых, считалась священной у древних египтян.

мы только что говорили,— для нападения и защиты. Электрическому скату, парализующему свою добычу электрическим ударом, овладеть ею другим способом было бы весьма непросто — ведь рот у него... на брюхе. Угорь, парализующий лягушку на расстоянии метра, использует свой удар и для защиты от многочисленных врагов, которые были бы не прочь полакомиться его вкусным мясом.

Что представляют собой электрические органы рыб? В первую очередь это особые мускульные клетки, так называемые электрические пластинки, напоминающие по схеме и конструктивному принципу электробатареи. У электрического ската эти органы занимают порой четверть тела, у сома — бóльшую часть, а у электрического угря ими не занята разве что голова.

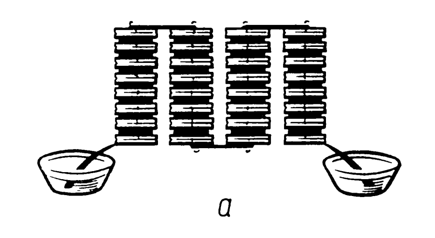
Есть рыбы, электрические органы у которых невелики и как бы разбросаны по телу. Да и разряды у этих рыб слабенькие, всего несколько вольт,— правда, разряды следуют непрерывно. К этим рыбам относятся длиннорылы и гимнарки. Судя по первому впечатлению, электрические органы гимнаркам и длиннорылам совсем не нужны — слишком слабы сигналы. Однако было выяснено, что эти рыбы способны чувствовать малейшие изменения своего электрического поля, вызванные, например, другой рыбой. Изменение поля — и немедленная реакция — в атаку! Пусть это даже свой сородич — ему не сдобровать. Такие реакции, возможно, вызваны условиями жизни: длиннорылы и гимнарки обитают в мутной воде, видят плохо и охотятся обычно ночью.

ВОЛЬТОВ СТОЛБ

По книге В. П. Карцева «Приключения великих уравнений»

Итальянский физик Алессандро Вольта подробно ознакомился с трактатом Гальвани «Об электрических силах в мускуле» и был потрясен. Он перечитал трактат и нашел в нем то, что ускользнуло от внимания самого автора,— упоминание о том, что эффект содрогания лапок наблюдался лишь тогда, когда лапок касались двумя *различными металлами*. Вольта решил поставить видоизмененный опыт, но не на лягушке, а на самом себе.

«Признаюсь,— писал он,— я с неверием и очень малой надеждой на успех приступил к первым опытам: такими невероятными казались они мне, такими далекими от всего, что нам доселе известно было об электричестве...»



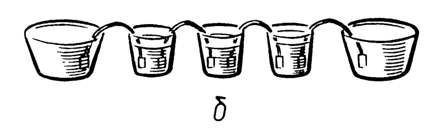


Рис. 89.
а — Вольтов столб; б — «корона сосудов».

Вольта брал две монеты, обязательно из разных металлов, и... клал их себе в рот — одну на язык, другую под язык. Когда он соединял монеты проволокой, то чувствовал солоноватый вкус. Из опытов, проведенных раньше, Вольта знал, что такой вкус вызывается электричеством.

Поставив друг на друга свыше ста металлических (цинк и серебро) кружков, разделенных бумагой, смоченной соленой водой, Вольта получил довольно мощный источник электричества — *Вольтов столб* (рис. 89, *а*). Присоединив к верхнему и нижнему концам столба проводники и взяв их в рот, Вольта убедился, что источник действует продолжительное время.

Вслед за этим Вольта изобрел *электрическую батарею*, состоявшую из многих последовательно соединенных цинковых и медных пластин, опущенных попарно в сосуды с разбавленной кислотой. Этот источник электрической энергии (рис. 89, *б*) по тем временам был достаточно мощным: с его помощью можно было привести в действие электрический звонок. Он получил название «короны сосудов».

20 марта 1800 г. Вольта сообщил о своих исследованиях Лондонскому королевскому обществу (так называлась Английская академия наук). Можно считать, что с этого дня источники постоянного электрического тока — Вольтов столб и батарея — стали известны многим физикам и нашли широкое применение.

Задание 49

Гальванический элемент. Любителям научных курьезов можно сообщить рецепт изготовления гальванического элемента из лимона, описанный еще в 1909 г. в журнале «Природа и люди» (№ 28). Острым ножом разрежьте лимон, стараясь не снимать и не разрывать тонких перегородок, которые делят лимон на гнезда. Затем в каждое гнездо воткните попеременно по кусочку (длиной 2 см) медной и цинковой проволоки и соедините их концы последовательно тонкой проволокой. У вас получится

маленькая гальваническая батарея (рис. 90), дающая ток, хотя и очень слабый, но оказывающий некоторое физиологическое действие.

Простейший гальванический элемент можно устроить и так. Налейте в стакан крепкий раствор уксуса, нашатыря или поваренной соли и опустите в него медную и цинковую пластинки, причем они не должны касаться друг друга. Можно использовать медную монету и цинковую пластинку, вырезанную из корпуса старой батарейки. Между этими электродами надо положить кусок промокательной бумаги, смоченной раствором поваренной соли.

Проверить наличие тока можно при помощи чувствительного электроизмерительного прибора — *гальванометра.*

Один провод, идущий от гальванометра, подключите к цинковой пластинке, а вторым несколько раз притроньтесь к медной пластинке или монете — стрелка отклонится, что свидетельствует о наличии тока.

Модель гальванометра можно изготовить, используя электрический конструктор.

Возьмите подставку для магнитной стрелки. В прорези подставки установите бескаркасную катушку, как показано на рисунке 91. На острие подставки укрепите шкалу гальванометра (шкалу вырежьте из листа бумаги и наклейте на картон) и установите магнитную стрелку. Бескаркасную катушку вместе с подставкой расположите так, чтобы под действием магнитного поля Земли стрелка находилась в плоскости витков катушки.

При пропускании по обмотке катушки электрического тока стрелка в зависимости от направления тока будет отклоняться вправо или влево.

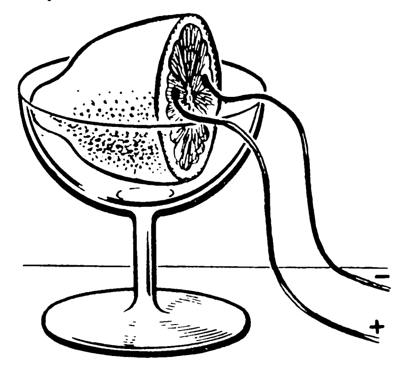


Рис. 90

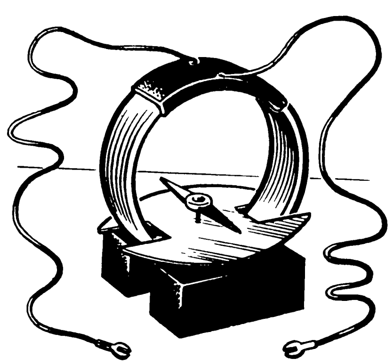


Рис. 91

Задание 50

Электрический сигнализатор уровня воды. Электрические *уровнемеры* различных систем применяются для дистанционного определения уровня воды в различных промышленных установках. Наиболее простой уровнемер можно сделать, используя детали электроконструктора: контактное устройство, заменяющее выключатель, лампу и источник электрического питания (рис. 92).

На большой панели *1* смонтируйте электропатрон *2*, три зажима *3* и стойку *4*. Стойку соберите, как показано на рисунке.

На конце стойки винтом закрепите неподвижный контакт *5*. Поплавок *6* сделайте из пробки или пенопласта. В пробке при помощи винта укрепите такой же контакт *7*, как и на конце стойки. Соедините детали модели между собой проводами, как показано на рисунке. Подключите модель к источнику электрического питания. В пластмассовый или стеклянный сосуд налейте (примерно наполовину) воды, опустите пробку-поплавок в сосуд и установите его под стойкой. Установка готова к работе.

Если теперь в сосуд подливать воду, поплавок будет подниматься все выше и выше, до тех пор пока контактная пластина не соединится с неподвижным контактом,— лампочка включится и будет сигнализировать об уровне воды в сосуде. Можно поднимать или опускать неподвижный контакт внутри сосуда, устанавливая его на разной высоте, и таким образом изменять уровень воды, о котором будет сигнализировать зажигающаяся лампа.

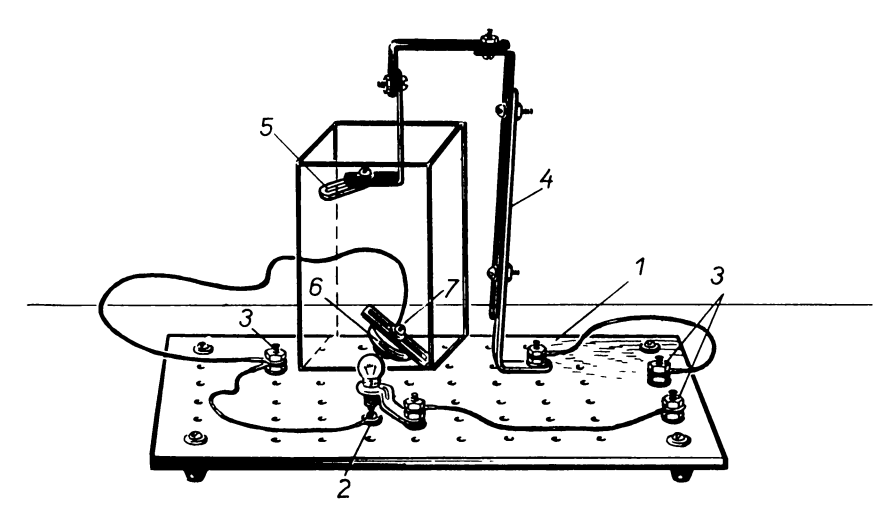


Рис. 92

Задание 51

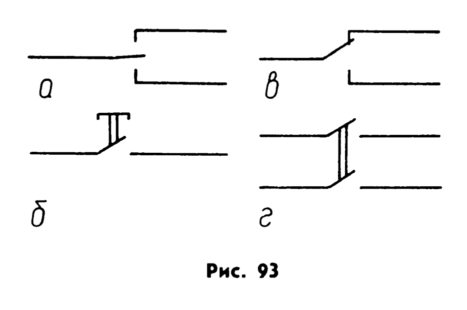


Рис. 93

Конструирование и сборка электрических цепей. Предлагаемые здесь задачи помогут вам научиться конструировать и собирать не очень сложные электрические цепи. При необходимости обращайтесь за помощью и советом к учителю физики.

В качестве источника тока удобнее всего использовать батарейку для карманного фонаря.

Задача 1. В автомобилях устанавливают сигнализацию поворотов. Для этого используется переключатель с нейтральным средним положением (рис. 93, *а*).

Предложите схему электрической цепи, позволяющей осуществлять такую сигнализацию поворотов. Учтите, что при среднем положении рычажка переключателя ни одна из сигнальных ламп не должна загораться. При повороте рычажка влево должны загореться две лампы: лампа указателя левого поворота и сигнальная лампа на щитке водителя. При правом положении рычажка должны загореться также две лампы: указателя правого поворота и та же сигнальная лампа на щитке водителя.

Задание 2. При открывании дверцы холодильника внутри него загорается лампа, которая горит, пока дверца открыта. Стоит закрыть дверцу, и лампа внутри холодильника погаснет.

Предложите схему электрической цепи, удовлетворяющей указанному условию. Для включения лампы используйте кнопку с нормально замкнутыми контактами (рис. 93, *б*).

Задача 3. Составьте схему электрической цепи, состоящей из двух ламп, кнопки, электрического звонка и однополюсного переключателя (рис. 93, *в*).

Цепь должна работать следующим образом. Когда переключатель находится в одном фиксированном положении, то нажатие на кнопку должно привести в действие звонок и лампу, освещающую табло с надписью: «Подождите, сейчас открою». Если же переключатель находится в другом фиксированном положении, то нажатие на кнопку должно привести в действие другую лампу, помещенную за табло с надписью: «Хозяина нет дома». Звонок при этом не должен работать.

Задача 4. Предложите схему электрической цепи, в ко-

торой одновременно с включением электродвигателя гасла бы одна сигнальная лампа и зажигалась другая. При составлении цепи используйте двухполюсный переключатель (рис. 93, *г*). Учтите, что двигатель и сигнальная лампа должны быть включены параллельно.

Задача 5. Что нужно сделать, чтобы во время работы на прессе руки работника случайно не попали бы под пресс?

Как правило, люди, знакомые с физикой, на этот вопрос отвечают так: «Нужно установить фотореле, и тогда пересечение рукой пучка света, падающего на фотоэлемент, приведет к остановке пресса». Решение правильное, но оказывается, что все можно сделать проще... А как?

Если пресс приводится в движение одной кнопкой, то вторая рука оказывается свободной, и несчастье вполне возможно. Нужно сделать так, чтобы для пуска пресса требовалось одновременно нажимать две кнопки, т. е. в пуске участвовали бы две руки рабочего.

Составьте схему такой цепи. Вместо электродвигателя можно использовать лампу.

Соберите и испытайте все предложенные вами схемы.

Задание 52

Участникам Всесоюзной военно-спортивной игры

Готовиться к таким играм лучше заранее. Чем богаче будет вооружена ваша «армия», тем интереснее пройдет игра. Мы предлагаем несколько простых самоделок для оснащения вашей «армии». Разберитесь внимательно в них и принимайтесь за дело.

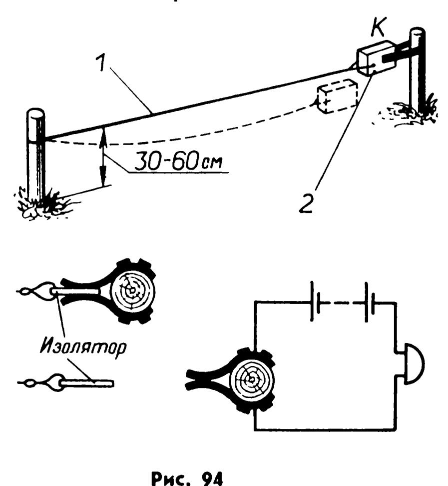


Рис. 94

1. Электрический «часовой». Для устройства такого «часового» нужна прочная суровая нить, электрический звонок постоянного тока, батарея карманного фонаря, несколько метров звонкового провода и упругая жесть (можно использовать жесть от консервной банки). Схема цепи и устройство самоделки представлены на рисунке 94.

Прочную суровую нить *1*

(или проволоку) закрепите одним концом на колышке на высоте 30—60 см над землей. Другой ее конец привяжите к изолятору *2* (плоская деревяшка толщиной около 0,5 см). Изолятор вставьте между контактными пластинками *К*.

Если незваный гость натянет нить, изолятор выскользнет из пластинок, они сойдутся и замкнут электрическую цепь. Звонок зазвонит.

Контакты покройте козырьком, чтобы во время дождя вода случайно не замкнула цепь.

К сигнализатору (звонок с батареей) можно подключить любое число таких сигнальных цепей. Контактные пластинки *К* надо соединить при этом параллельно звонковым проводом.

2. «Сторож» наводнения. Представьте, что ваш лагерь расположился близко от воды, на берегу реки или ручья. При первом же сильном дожде не исключено наводнение. Хорошо, если это случится днем. Ну, а если ночью? Выручить вас может «сторож» наводнения. Как он устроен, видно на рисунке 95. На щечки зажима для белья приклейте металлические пластинки *1* и между ними вложите сахар *2*. Эти пластинки соедините со звонком и батареей (помещенными в палатке) двухпроводным изолированным шнуром. Зажим привинтите шурупом к колышку, вбитому в русло у берега. Колышек должен возвышаться над поверхностью воды на высоту 5—10 см. При повышении уровня зажим окажется в воде и сахар растворится. Щечки сомкнутся, замкнется электрическая цепь, и звонок зазвонит. Над колышком сделайте козырек, чтобы дождь не растворил сахар.

3. «Мина-ловушка». Такую «мину» можно установить в поле, на лесной тропинке — в любом предполагаемом месте перебежки «противника». Ее следует тщательно замаскировать, а звонок и батарею взять с собой в засаду. «Мина», конечно, не взорвется, но звонок выдаст пришельца.

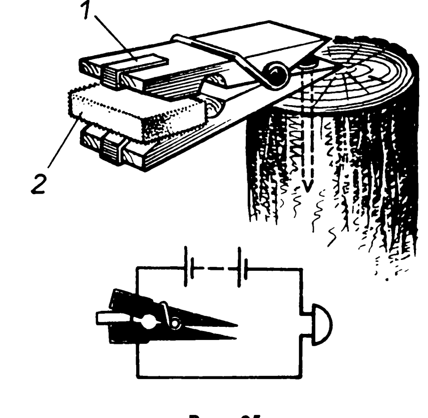


Рис. 95

Основанием «мины» (рис. 96) сделайте квадратную деревянную доску со стороной 30 см и толщиной около 10 мм или фанеру толщиной 5—6 мм. На всех углах доски установите болты с гайками, а поверх-

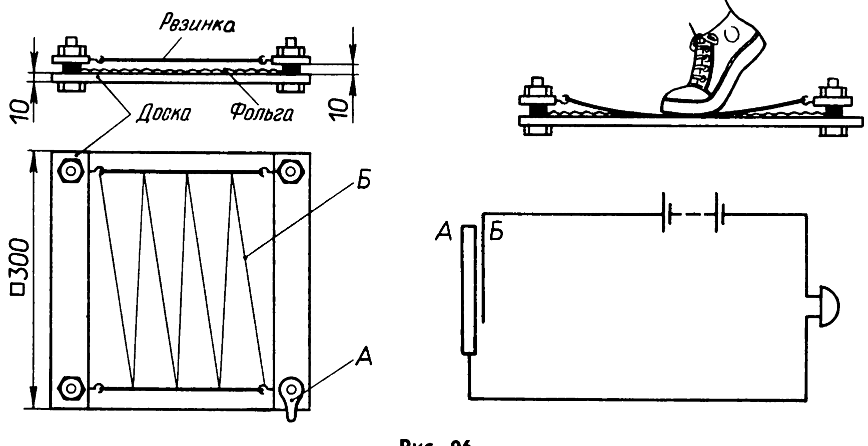


Рис. 96

ность оклейте алюминиевой фольгой. Это будет первый контакт «мины», обозначенный на рисунке буквой *А*. Неизолированный провод натяните зигзагом на двух резинках, привязанных к четырем крючкам (согнутые гвозди) на высоте 10 мм от фольги. Этот провод — другой контакт *Б*. Если наступить на провод, то он прогнется; если поднять ногу, он снова натянется. В исходном состоянии провод должен находиться на высоте 5—10 мм от основания.

Электрическая схема этой установки проста. А из деталей нужны батарея, звонок постоянного тока и несколько метров провода.

Задание 53

По паспортам приемников электроэнергии в квартире подсчитайте потребляемую ими общую мощность и общую силу тока, когда все они включены в сеть, энергию, израсходованную ими за какой-нибудь промежуток времени, а также ее стоимость.

Порядок выполнения работы:

1. Составьте список всех приемников электрической энергии в вашей квартире, написав против каждого из них потребляемую им мощность (значение мощности возьмите из паспорта прибора).

2. Рассчитайте общую мощность, потребляемую приемниками тока.

3. Зная напряжение в сети, рассчитайте общую силу тока при включении в сеть всех приемников тока.

4. Считая, что все потребители электроэнергии вашей квартиры работают в течение 1 ч (или какого-нибудь другого промежут-

ка времени), вычислите энергию, которую они потребляют.

5. Подумайте, как можно рассчитать расход электроэнергии в вашей квартире за сутки и плату за эту энергию. Проделайте вычисления.

ИЗ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЛАМПЫ

По книгам А. С. Дацингера «Электрическая лампочка», М. Лапирова-Скобло «Эдисон»

Мы видим ее всюду — у себя дома и в поезде, на улице и в трамвае, на заводе и в театре, в шахте и в самолете. Трудно перечислить все случаи применения этой лампы. Электрическое освещение стало для нас обычным. Однако было время — чуть более ста лет назад,— когда об электрическом свете, о «свете без огня», мечтали лишь ученые. Много труда затратили они, чтобы создать такую электрическую лампу, какой мы ее знаем теперь.

Большой вклад в дело создания «нового света» внесли наши соотечественники — русские электротехники прошлого века В. В. Петров, В. Н. Чиколев, П. Н. Яблочков, А. Н. Лодыгин и др.

Рассказ первый

Дуга Петрова

В начале XIX в. русский физик и электротехник Василий Владимирович Петров сделал открытие, которое позволило использовать электрическую энергию для освещения.

В книге, вышедшей в 1803 г., В. В. Петров так описал свое замечательное открытие:

«Если на стеклянную плитку или на скамеечку со стеклянными ножками будут положены два или три древесных угля и если потом металлическими изолированными направителями, сообщенными с обоими полюсами огромной батареи, приближать оные (т. е. угли) один к другому на расстояние от одной до трех линий (т. е. примерно от двух до шести миллиметров), то является между ними весьма яркий белого цвета свет

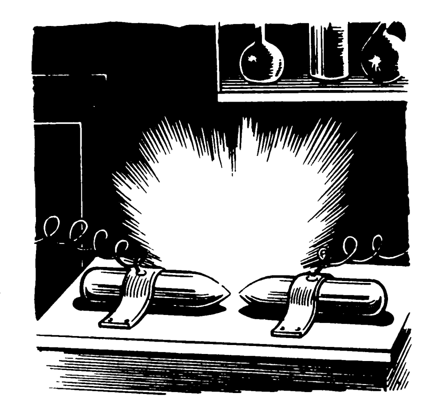


Рис. 97



Василий Владимирович Петров (1761—1834) — русский физик и электротехник. Занимался изучением электрических явлений. Сконструировал большую гальваническую батарею, осуществил ряд опытов с ней, в частности открыл электрическую дугу и показал возможность использования ее для освещения, плавления и сварки металлов. Разработал новые конструкции электрических машин и приборов. Его труды положили начало работам по практическому применению электричества.

или пламя, от которого оные угли скорее или медлительнее загораются и от которого темный покой довольно ясно освещен быть может».

Пламя имело форму дуги (рис. 97). Поэтому явление получило название *электрической дуги (дуги Петрова)*.

Ученый отмечает, что жар электрической дуги очень силен. В пламени дуги «сгорают» даже железные гвозди и медные пластинки. Это и не удивительно: теперь мы знаем, что температура в пламени дуги Петрова достигает 3500 °С.

Что же является причиной возникновения электрической дуги?

Вы знаете, что различные вещества по-разному проводят электрический ток, т. е. обладают различным *сопротивлением*.

Чтобы зажечь электрическую дугу, угольные стержни сближают. В момент их соприкосновения в цепи начинает течь электрический ток. Причем в месте контакта углей ток встречает сопротивление значительно большее, чем в самих углях. Поэтому концы углей в месте контакта сильно разогреваются и начинают испускать свет. От разогретых до белого каления концов нагревается и окружающий их воздух. Кроме того, такие угли начинают выделять раскаленные газы. Теперь, если слегка раздвинуть угли, электрический ток, идущий через них, не прекратится: раскаленные газы между углями начинают проводить ток. Так между раздвинутыми углями возникает непрерывный ток — светящаяся электрическая дуга.

Изобретением В. В. Петрова заинтересовались очень многие. В самом деле, ведь им был открыт совершенно новый источник

света! Электрическая дуга давала невиданно яркий, белый свет. Как заманчиво было использовать ее для освещения!

Однако осуществить эту мысль на практике оказалось не так легко. Дело в том, что для получения электрической дуги требуется большая сила тока, а существовавшие в то время источники электрического тока — батареи гальванических элементов — давали, как правило, слабый ток.

Было и другое затруднение. При горении дуги угольные стержни постепенно сгорают, и расстояние между ними увеличивается. Наконец наступает момент, когда дуга внезапно гаснет: электрический ток между углями прерывается. Таким образом, чтобы получить постоянное горение дуги, необходимо поддерживать одно и то же расстояние между углями, сдвигать их по мере сгорания.

Как это делать?

Сдвигать угли просто руками неудобно и невыгодно: для этого у каждой лампы должен постоянно находиться человек. Нужно придумать какие-то механизмы, которые автоматически поддерживали бы необходимое расстояние между углями. Изобретатели предлагали различные регуляторы «дуговых электрических фонарей» (так были названы новые лампы, в которых свет давала электрическая дуга). Однако все эти регуляторы были неудобны для практического применения, и дуговые электрические лампы мало где использовались. Только в отдельных случаях — на маяках, на каких-либо празднествах или в физической лаборатории ученого — можно было увидеть лампу нового света.

Лишь через 70 лет известный русский электротехник В. Н. Чиколев построил удобное и четко действующее приспособление для автоматической регулировки угольных стержней дуговых ламп. Однако дуговые лампы и после этого не получили широкого распространения: лампа с механическим регулятором стоила очень дорого.

Рассказ второй

Русский свет

В 1876 г. в Лондоне на выставке точных физических приборов русский изобретатель Павел Николаевич Яблочков демонстрировал перед посетителями необыкновенную *электрическую свечу*. Похожая по форме на обычную стеариновую свечу, она горела ослепительно ярким светом.

В том же году «свечи Яблочкова» появились на улицах Пари-



Владимир Николаевич Чиколев (1845—1898) — русский ученый-электротехник. Создал несколько вариантов регулятора «свечи Яблочкова», вел работы по проектированию освещения Литейного моста и реконструкции освещения Охтинского завода в Петербурге, одним из первых применил электрическое освещение в военном деле.

жа. Помещенные в белые матовые шары, они давали яркий приятный свет. В короткое время чудесная свеча завоевала всеобщее признание. «Свечами Яблочкова» освещались лучшие гостиницы, улицы и парки крупнейших городов Европы.

Привыкшие к тусклому свету свечей и керосиновых ламп, люди прошлого века восхищались «свечами Яблочкова». Новый свет называли «русским светом», «северным светом». Газеты западноевропейских стран писали: «Свет приходит к нам с севера — из России», «Россия — родина света».

Что же представляет собой «свеча Яблочкова»?

По существу, это та же дуговая лампа, но у нее нет никаких регуляторов. «Мое изобретение,— писал Яблочков,— состоит в совершенном удалении всякого механизма, обыкновенно встречающегося в электрических лампах...»

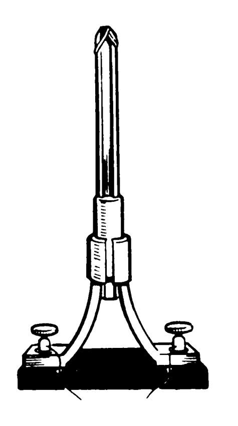


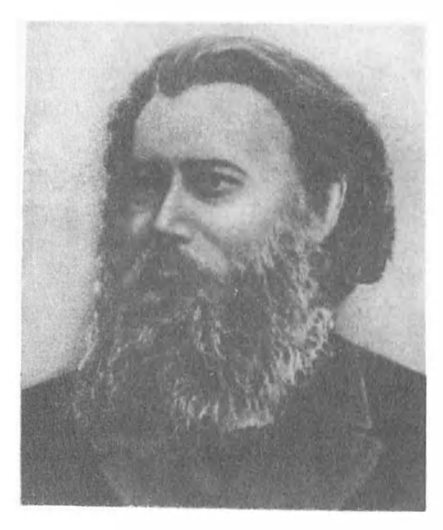
Рис. 98

Задачу регулировки углей при горении лампы Яблочков решил гениально просто. Он поместил угли не против *друг друга*, а рядом, на таком расстоянии, чтобы между ними при пропускании тока возникала дуга. Чтобы дуга горела только вверху, у концов угольные стержни были разделены слоем, не проводящим электричество, например слоем глины или гипса.

Такое устройство дуговой лампы действительно напоминает собой обыкновенную свечу (рис. 98).

Павел Николаевич Яблочков (1847—1894) — русский электротехник и изобретатель. Занимался исследованиями по электротехнике, в частности вопросами превращения энергии топлива в электрическую энергию. Имеет изобретения в области электрического освещения, электрических машин, гальванических элементов и аккумуляторов.

В 1947 г. была учреждена премия его имени за лучшую работу по электротехнике, которая присуждается один раз в 3 года.



Для запала «свечи» применялась тонкая пластинка из материала, плохо проводящего электрический ток. Эта пластинка соединяла друг с другом верхние концы углей. При пропускании электрического тока через «свечу» пластинка сгорала и между концами углей возникала дуга. По мере сгорания углей изолирующий слой между ними постепенно испарялся. Угли же за время горения находились на одном и том же расстоянии друг от друга. Их не нужно было сдвигать ни вручную, ни с помощью каких-либо сложных приспособлений!

«Электрическая свеча Яблочкова», простая и дешевая, горела ярким ровным светом.

Знаменитый изобретатель неустанно работал над усовершенствованием своих «свечей». Изменяя химический состав изолирующей массы, Яблочков создавал лампы со светом различных оттенков. Он соединял несколько «свечей» так, что, когда гасла одна, автоматически загоралась другая. Он конструировал самые различные по силе света лампы.

Но это было не все. Совершенствуя свое изобретение, П. Н. Яблочков старался избавиться от одного существенного недостатка. Дело в том, что при работе на постоянном токе один уголь «свечи» сгорает вдвое быстрее, чем другой. Чтобы избежать неравномерного сгорания углей, Яблочков один из стержней делает более толстым. Однако это не так удобно и невыгодно. Изобретатель упорно ищет другое решение задачи. И находит его. Он использует для питания «свечей» не постоянный, а переменный ток. В этом случае оба угля сгорают равномерно. Таким обра-

зом, П. Н. Яблочков — первый человек, практически применивший переменный ток в электротехнике! До его работ считалось, что переменный ток не годится для широкого практического применения.

Кроме того, он решил задачу так называемого «дробления электрического света». Яблочков разработал такую схему соединения дуговых ламп в цепь, при которой один источник тока мог обслужить уже не одну, а большее число ламп. Это достигалось с помощью особых *индукционных катушек*, работающих по принципу *трансформатора* (устройства, понижающего и повышающего напряжение электрического тока).

Таким образом, П. Н. Яблочковым впервые был применен в электротехнике и принцип трансформации электрической энергии.

К 1880 г. «русский свет» освещал многие города мира.

В России «электрические свечи» освещали улицы Москвы, Петербурга, Нижнего Новгорода, Полтавы и других городов.

Рассказ третий

Угольная лампа накаливания

В начале 70-х гг. XIX в. Александр Николаевич Лодыгин создал новые электрические лампы — *лампы накаливания*, те самые, которые уже к началу нашего века завоевали весь мир. Так, у «свечей Яблочкова», кроме старых соперников — газовых рожков,— появился новый.

«Свечи Яблочкова» не выдержали соперничества и очень скоро начали повсеместно гаснуть. И хотя в наши дни «электрическая свеча Яблочкова» является уже достоянием истории, мы не должны забывать, что именно работы русского изобретателя П. Н. Яблочкова дали электрическому свету путевку в жизнь. «Электрической свече» мы, бесспорно, обязаны тем, что удалось ввести электрический свет в повседневный обиход.

Уже давно, с самого начала XIX в., было известно, что электрический ток, проходя по проводнику, нагревает его.

Если сила тока большая, то проводник нагреется до температуры белого каления и даже может расплавиться. Это действие электрического тока и было использовано изобретателями новых электрических ламп — ламп накаливания.

Однако изготовить электрические лампы накаливания, которые давали бы достаточно яркий свет и в то же время работали продолжительное время, оказалось делом нелегким. Основная причина этого заключалась в том, что тонкие металлические

проволочки, как правило, очень быстро плавились, как только их разогревали до необходимой температуры. Кроме того, раскаленные металлические нити окислялись в воздухе и в силу этого быстро «перегорали».

Работая над конструированием ламп, электротехники пробовали изготовить нити накала из платины. Платина плавится только при температуре около 1750 °С и не окисляется, но этот материал был очень дорогим; в то же время при сильном нагревании платиновые нити все равно размягчались.

Многочисленные попытки сделать практически пригодную лампу накаливания долгое время оканчивались неудачей. И лишь в 1872—1873 гг. замечательный русский электротехник А. Н. Лодыгин создает первую удачную конструкцию новой электрической лампы.

Первая лампа накаливания Лодыгина была устроена так: в небольшой стеклянный шар впаяны две медные проволочки, соединенные с источником тока. Между ними закреплен тонкий угольный стержень. Как только через медные проволочки и угольный стержень пропускали электрический ток, стержень благодаря большому сопротивлению раскалялся и светился ярким светом. Чтобы он не сгорал быстро, из стеклянного шара откачивали воздух. Такие лампы горели недолго — 20—30 мин.

Однако уже в следующие два года А. Н. Лодыгин создает новые, улучшенные образцы электрических ламп накаливания (рис. 99), которые были способны гореть несколько часов.

Достоинства лампы накаливания по сравнению с дуговыми были очевидны. Лампы накаливания давали мягкий и яркий свет, потребляли мало электрической энергии, были просты и совершенно безопасны в использовании, сравнительно недороги и поэтому удобны для освещения жилых помещений.

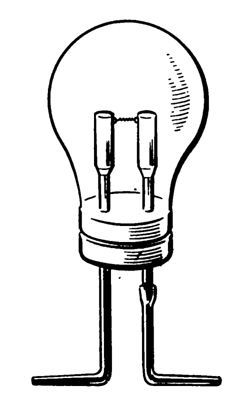


Рис. 99

В 1873 г. Лодыгин демонстрировал свои лампы в Петербурге. Лампами нового света была освещена одна из улиц русской столицы.

«Масса народа любовалась этим освещением, этим огнем с неба,— писал один из современников Лодыгина о его лампах.— Лодыгин первый вынес лампу накаливания из физического кабинета на улицу».

В этом же году в Технологическом институте Лодыгин показал, что его лампы могут

применяться в самых различных условиях: и в сигнальных железнодорожных фонарях, и в электрических фонарях для подводных работ, и в фонарях для каменноугольных шахт и т. п. Через три года электрический фонарь Лодыгина для подводных работ был применен при строительстве подводных частей моста через Неву. Каждый такой фонарь можно было очень легко зажечь и погасить отдельно от других.

Русская Академия наук в 1874 г. присудила Лодыгину за лампу накаливания Ломоносовскую премию. В решении по этому вопросу указывалось, что А. Н. Лодыгин сделал открытие, «обещающее произвести переворот в каждом вопросе об освещении».

Изобретение Лодыгина действительно произвело переворот. Именно благодаря его работам в каждом уголке мира засияла электрическая лампа.

В 1890 г. А. Н. Лодыгин предложил изготовлять лампы накаливания с металлическими нитями из тугоплавких металлов — вольфрама, молибдена, осмия, иридия, палладия. В 1900 г. лампы Лодыгина с металлической нитью накаливания демонстрировались на Всемирной выставке.

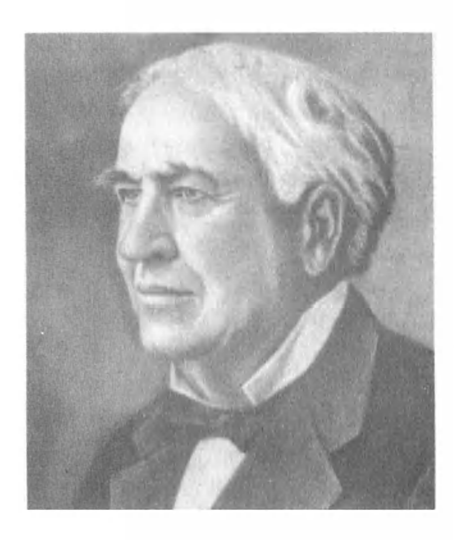
Практическое применение лампы с вольфрамовой нитью получили после 1910 г., когда был найден способ изготовления тянутых нитей из вольфрама.

Первые лампы с вольфрамовой нитью довольно быстро перегорали. Начались поиски причин быстрой «смерти» ламп. Оказалось, что на вольфрамовый волосок вредно влияет воздух, который все же оставался в лампе после его откачивания. Тогда при изготовлении электрических ламп с вольфрамовой нитью стали особенно тщательно следить за тем, чтобы воздух был по возможности полностью удален из баллона лампы.

Но появилась новая беда: вольфрамовая нить при высокой температуре довольно сильно испарялась и в результате этого очень быстро разрушалась. Тогда для уменьшения испарения металла баллон лампы решили наполнить газом, не действующим на раскаленную нить, таким, как аргон и азот. Распыление нити стало меньше. Уменьшение разрушения вольфрамовой нити позволило поднять температуру ее накала выше, чем в пустотных лампах. Отсюда большая яркость и экономичность газонаполненных ламп.

В таком виде и существует в наши дни электрическая лампа накаливания.

Томас Алва Эдисон (1847—1931) — американский изобретатель. Усовершенствовал телефон Белла, лампу накаливания, разработал систему освещения, сконструировал патрон и цоколь с резьбой, предохранитель, электросчетчик, изобрел фонограф, железнодорожный тормоз, железоникелевый аккумулятор. Им запатентовано более 1000 изобретений.



Последнее время учеными ведутся работы по изготовлению нитей накала из сверхтугоплавких веществ. К таким веществам относятся, например, химические соединения карбид-тантал и карбид-цирконий. Нить накала, изготовленная из этих веществ, способна выдерживать температуру свыше 4000 °С.

Не забыта в наше время и дуговая лампа. Ученые много сделали для совершенствования электрических дуговых ламп. Вытесненные с улиц, эти мощные лампы успешно применяются в прожекторах, на маяках, в кинопроекционных аппаратах.

Рассказ четвертый

Семидесятые годы прошлого столетия — это время перехода электрической лампы из лаборатории ученых в дома, на производство. Большую роль в этом сыграли работы Т. Эдисона.

Во-первых, он усовершенствовал лампу Лодыгина, увеличив разрежение в баллоне и применив в качестве нитей накаливания обугленные бамбуковые волокна. Эдисон придумал также *патрон* к лампе и *выключатель* — приспособления, которыми мы пользуемся до сих пор. Но сама лампа изменилась: теперь в ней накаливается не бамбуковое волокно, а вольфрамовая нить. Это усовершенствование внес в эдисонову лампу Лодыгин. Так дважды скрещивались творческие замыслы двух изобретателей.

Во-вторых, Эдисон построил генератор электрической энергии (динамо-машину), способный питать электрическим током несколько десятков ламп так, что они могли гореть независимо друг от друга (решил задачу дробления электроэнергии).

В-третьих, изобрел счетчик электроэнергии, который позволял определять израсходованную электроэнергию. В работе счетчика Эдисон использовал химическое действие тока. Вы знаете, что при прохождении тока через раствор электролита (например, раствор медного купороса) на катоде выделяется вещество (в данном случае медь). Чем больше зарядов проходит через раствор электролита, тем больше вещества выделяется на катоде.

Счетчик состоял из сосуда с раствором медного купороса, в который были опущены две пластины. Когда счетчик включали в сеть, одна пластина заряжалась положительно (анод), другая — отрицательно (катод). В конце какого-нибудь промежутка времени, например каждого месяца, определяли массу меди, выделившейся на катоде, и по законам электролиза рассчитывали израсходованную электроэнергию.

В настоящее время используют счетчики, действие которых основано на явлении движения проводника в магнитном поле.

В-четвертых, Эдисоном были изобретены *плавкие предохранители* и многое другое, что позволило широко использовать электрическое освещение.

Именно поэтому Эдисона называют отцом современного электрического освещения.

Рассказ пятый

Современная электрическая лампа накаливания

Современная электрическая лампа, применяющаяся для освещения, изображена на рисунке 100, *а*.

Но кроме электрических ламп, используемых для освещения, существуют и другие типы ламп.

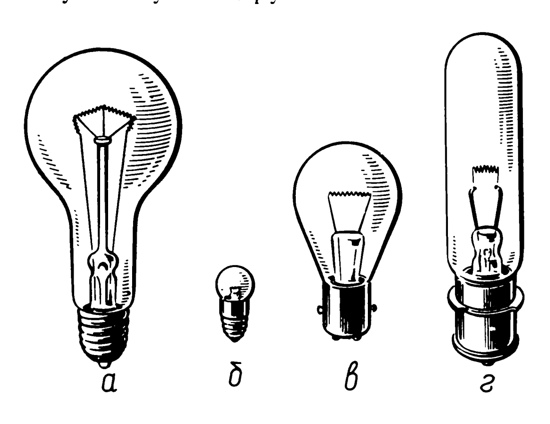


Рис. 100

Юным техникам, вероятно, хорошо знакомы лампочки для карманных фонарей. Они меньше осветительных по размерам и рассчитаны на напряжение 3,5 В (рис. 100, *б*). Лампы, применяемые в устройствах, подвергающихся тряске (в автомобилях, киноаппаратах), не имеют винтовой нарезки на цоколях. Цоколь этих

ламп снабжен штыковым затвором. Их вставляют в специальный патрон с пружиной и вырезами для штифтов и поворачивают (рис. 100, *в, г*).

Кроме этих ламп, наша промышленность выпускает и другие. Такие, как лампы-гиганты, применяемые для морских маяков. Некоторые из них имеют высоту более метра, массу свыше 7 кг, а мощность 50 000 Вт. Существуют и лампы-малютки массой 0,02 г и мощностью 0,4 Вт. Такие лампы используют в медицине.

Современная лампа накаливания — очень удобный, безопасный и дешевый источник света. Но в ней лишь 7% энергии превращается в энергию видимого света. Будущее принадлежит совсем иным лампам — лампам дневного света (об их устройстве и работе вы узнаете в старших классах), которые более экономичны и дают свет, более похожий на дневной.

Интересно знать

В древних архивах сохранились записи, свидетельствующие о том, что императора Нерона, страдавшего ревматизмом, придворные врачи лечили электрованнами. Для этого в деревянную кадку с водой помещали рыб, способных испускать электрические разряды. Находясь в такой ванне, император в течение предписанного врачами времени подвергался действию электрических разрядов и полей. Лечение проходило успешно.

Впервые вне лаборатории и классной комнаты электрическая дуга была применена в 1845 г. в Парижской опере, чтобы воспроизвести эффект восходящего солнца. Успех был полный!

В прошлом веке в Швейцарии была изобретена «электрическая нянька». Изобретатель предложил в детской кроватке под простыню подкладывать две тонкие металлические сетки, изолированные друг от друга сухой прокладкой и соединенные с низковольтным источником тока и звонком. Как только прокладка намокала, электрическая цепь замыкалась и начинал звенеть звонок, извещая мать о том, что нужно сменить пеленки.

В Таиланде при строительстве линий электропередач перед электриками неожиданно возникли две проблемы. Первая — как предохранить линии высокого напряжения от обезьян, которые, подражая монтерам, легко влезают на опорные столбы и, играя проводами, производят короткие замыкания. Вторая — как обезопасить линии от слонов, выворачивающих опоры.

Глава X
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

СКОЛЬКО МАГНИТОВ ВОКРУГ НАС?

По книге В. П. Карцева «Магнит за три тысячелетия»

Человека пронизывают мириады магнитных полей различного происхождения. Мы привыкли к магниту и относимся к нему снисходительно, как к устаревшему атрибуту школьных уроков физики, порой даже не подозревая, сколько магнитов вокруг нас. Я подсчитал — у меня в квартире их десятки: в электробритве, динамике, магнитофоне, в банке с гвоздями, наконец, я сам тоже магнит: биотоки, текущие во мне, рождают вокруг причудливый пульсирующий узор магнитных линий. Земля, на которой мы живем,— гигантский голубой магнит. Солнце — желтый плазменный шар — еще более грандиозный магнит. Галактики и туманности, едва различимые радиотелескопами,— непостижимые по размерам магниты...

Еще не родился и, наверное, не родится никогда человек, который мог бы сказать: «Я знаю о магните все». Вопрос, почему магнит притягивает, всегда будет волновать людей и рождать жажду новых знаний и новых открытий.

И все же человек знает о магните много. Во всяком случае, достаточно много для того, чтобы заставить его служить себе.

МАГНЕТИЗМ — ОБЩЕЕ СВОЙСТВО ВЕЩЕСТВА

По книге К. П. Белова «Что такое магнетизм»

Все тела в природе по своим магнитным свойствам разделяются на два класса: на *парамагнитные* и *диамагнитные.*

Впервые это деление для большой группы веществ чисто опытным путем произвел более ста лет назад Фарадей. Он подвешивал между полюсами электромагнита кусочки различных веществ. При включении электрического тока некоторые вещества, такие, как платина, марганец, хром и др., втягивались в магнитное поле и устанавливались вдоль магнитных линий. Эти вещества ученый назвал *парамагнитными* (от греч. «пара» — около).

К группе парамагнитных веществ Фарадей относил также железо, никель, кобальт и их сплавы. Эти вещества особенно

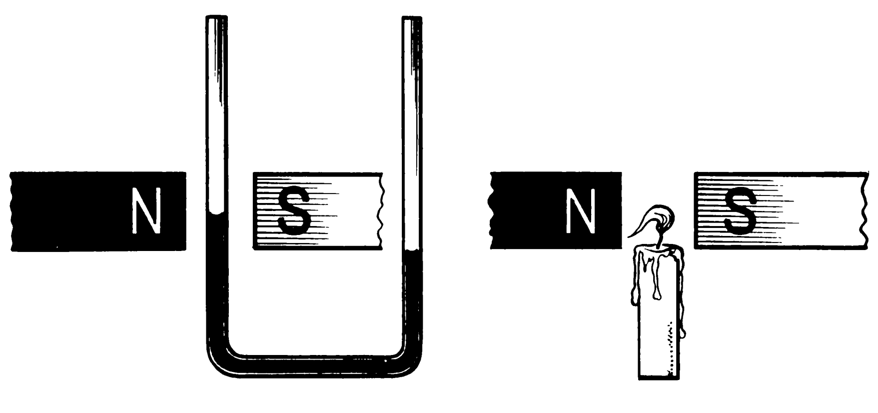


Рис. 101

сильно втягиваются в поле даже при очень слабых токах в электромагните. Они являются как бы сверхпарамагнитными, и поэтому впоследствии их стали выделять в особый класс *ферромагнитных* веществ (от лат. «феррум» — железо).

К другой группе Фарадей отнес тела, которые при включении электромагнита выталкиваются из межполярного пространства или устанавливаются поперек магнитных линий поля. Такие вещества он назвал *диамагнитными* (от греч. «диа» — врозь). Диамагнитными свойствами обладают медь, алюминий, серебро и в особенности висмут и сурьма.

Жидкости и газы могут быть как парамагнитными, так и диамагнитными. Например, раствор хлорида железа втягивается в магнитное поле, поскольку эта жидкость парамагнитна, а пламя свечи из поля выталкивается, так как раскаленные газы обладают диамагнитными свойствами (рис. 101).

Надо заметить, что в большинстве случаев втягивание парамагнитных тел и выталкивание диамагнитных очень мало. Для обнаружения этих явлений требуются особо чувствительные весы и сильные электромагниты.

Поскольку магнетизм большинства веществ может быть обнаружен только с помощью весьма чувствительных приборов, то у многих людей сложилось неправильное представление, что все тела, кроме железа, никеля, кобальта и некоторых сплавов, не обладают магнитными свойствами. В действительности это не так. Магнетизм — это неотъемлемое и общее свойство вещества, все тела в природе в той или иной степени обладают магнитными свойствами.

ФЕРРОМАГНИТНЫЕ ВЕЩЕСТВА

По книге К. П. Белова «Что такое магнетизм»

Из магнитных веществ люди раньше всего познакомились с *железом*, у которого достаточно сильно проявляются магнитные свойства. Кроме железа, ферромагнитными свойствами, как было установлено позже, обладают *никель* и *кобальт*. Сплавляя эти вещества в определенных соотношениях, получают материалы, которые в большинстве случаев также обладают ферромагнетизмом (железо-кобальтовые и другие сплавы). Ферромагнитные свойства имеют также многочисленные сплавы железа, никеля и кобальта с парамагнитными и диамагнитными веществами, например сплавы никеля с медью, железа с углеродом и т. д. Содержание железа, никеля или кобальта в этих сплавах должно быть гораздо больше, чем парамагнитного или диамагнитного вещества.

Магнитными свойствами обладают и некоторые оксиды железа, никеля и кобальта. Такие материалы в отличие от сплавов называются *ферритами*. К ним, в частности, относится *магнетит*, с магнитными свойствами которого человек столкнулся еще в глубокой древности.

Изучению ферромагнитных материалов всегда уделялось большое внимание, так как они широко используются в электротехнике и радиотехнике.

В 1935 г. был открыт четвертый ферромагнитный элемент — *гадолиний*. А позднее установили, что и другой элемент — *диспрозий*, стоящий в таблице элементов по соседству с гадолинием, также обладает ферромагнетизмом. Однако гадолиний и диспрозий встречаются в природе редко и как магнитные материалы практически не используются.

Кроме того, ученые определили, что марганец и хром при сплавлении с некоторыми веществами, например с медью и алюминием, становятся ферромагнитными. Так, сплав, состоящий из марганца, меди и алюминия, может служить хорошим магнитом. Таким образом, был установлен замечательный факт, что сплавы некоторых парамагнитных и диамагнитных элементов становятся ферромагнитными.

И наоборот, такие ферромагнитные элементы, как железо и никель, сплавленные в определенной пропорции, образуют материал со столь слабыми магнитными свойствами, что его следует считать скорее парамагнитным, чем ферромагнитным.

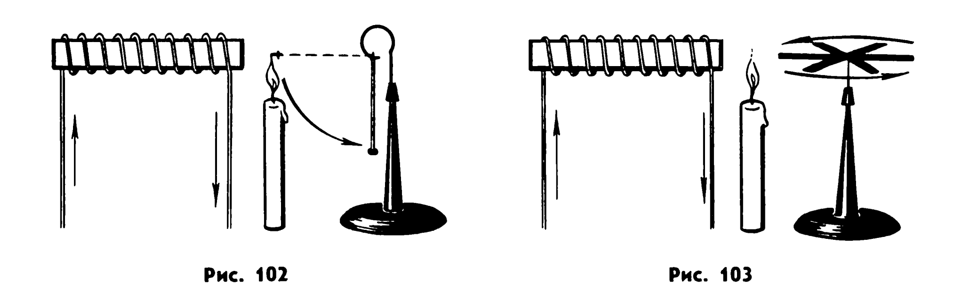


Рис. 102 **Рис. 103**

Опыты показали, что если нагревать какое-либо ферромагнитное тело, то намагниченность начинает падать, сначала медленно, затем быстрее и быстрее и, наконец, практически совсем исчезает. Точные исследования показали, что тело становится слабомагнитным (парамагнитным). В этом можно убедиться на простом опыте.

Железный гвоздь при обычной температуре притягивается электромагнитом (рис. 102), но если его нагреть докрасна, то он потеряет свои ферромагнитные свойства и не будет притягиваться.

Очень эффектен опыт с магнитной вертушкой. Вблизи полюса электромагнита помещают магнитную вертушку, спицы которой сделаны из никелевых проволок (рис. 103). Если нагреть спицы, близко расположенные к полюсу, то вертушка начнет вращаться вокруг вертикальной оси. Вращение объясняется тем, что спица, попавшая в пламя горелки, нагревается, теряет свои ферромагнитные свойства и перестает притягиваться к магниту; ее место вследствие притяжения занимает более холодная спица. Этот процесс все время повторяется, и поэтому вертушка непрерывно вращается. Получается своеобразный двигатель. Впрочем, коэффициент полезного действия такого *термомагнитного* двигателя очень низок.

Впервые исчезновение магнитных свойств при нагревании железа наблюдал еще в 1600 г. английский врач Вильям Гильберт — первый исследователь магнетизма. Более подробно это явление было изучено в 1895 г. французским ученым Пьером Кюри. Температуру, при которой данный ферромагнетик теряет свои ферромагнитные свойства, стали называть *температурой Кюри* или *точкой Кюри*.

Для железа эта температура равна 768 °С, для никеля — 365 °С, для кобальта — 1150 °С. Сплав, состоящий из 30% никеля и 70% железа, имеет точку Кюри 80 °С, а элемент гадоли-

ний — 16 °C; следовательно, при комнатных температурах гадолиний находится в парамагнитном состоянии и лишь при понижении температуры проявляет ферромагнитные свойства.

ИЗ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ СО СТАЛЬНЫМ СЕРДЕЧНИКОМ

По книге В. П. Карцева «Магнит за три тысячелетия»

4 мая 1825 г. Вильям Стерджен продемонстрировал Британскому обществу ремесел первый в мире *электромагнит* (рис. 104). Он представлял собой согнутый в виде подковы лакированный железный стержень длиной 30 см и диаметром 1,3 см, покрытый сверху одним слоем неизолированной медной проволоки, которая была подключена к химическому источнику тока. Весил электромагнит 2 Н, а удерживал груз 3,6 Н. Этот магнит значительно превосходил по силе природные магниты такого же веса. Это было блестящее по тем временам достижение.

В том же году ученик Стерджена, Джоуль, экспериментируя с первым магнитом Стерджена, сумел увеличить подъемную силу электромагнита до 200 Н. Однако Стерджен не собирался терять первенства в эксплуатации своего изобретения. По его заказу в 1830 г. был выполнен электромагнит, способный поднять уже 5500 Н! К тому времени у него нашелся очень сильный соперник. В 1831 г. американский профессор Дж. Генри построил электромагнит весом 3000 Н, поднимавший около 10 000 Н. Все эти магниты по конструкции представляли собой дугообразные стержни, обмотанные проволокой.

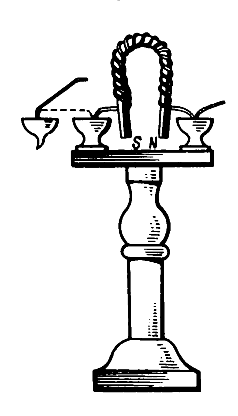


Рис. 104

Джоуль в ноябре 1840 г. создал магнит собственной конструкции. Подъемная сила этого магнита оказалась весьма большой, в то время как сам магнит был довольно компактным. В то же время Джоуль сконструировал новый магнит, который притягивал груз не двумя полюсами, как обычно, а несколькими, что резко повысило подъемную силу. Этот магнит, весивший 55 Н, удерживал на весу груз 12 000 Н!

Вскоре после того, как было построено еще несколько крупных магнитов и все убедились в их силе, надежности компактности и удоб-

стве, было предложено использовать электромагниты для подъема железных и стальных деталей на металлургических и металлообрабатывающих заводах.

В России вплоть до революции Общество конно-железных дорог и омнибусов использовало магниты для очистки овса от железных гвоздей. В Европе и Америке магниты широко применяли на мельницах для очистки зерна.

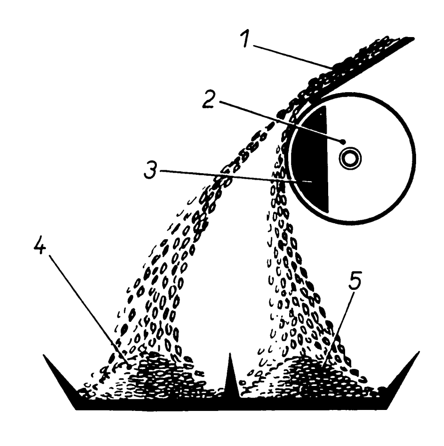


Рис. 105.
Магнитный сепаратор: 1 — смесь семян с магнитным порошком; 2 — магнитный барабан; 3 — электромагнит; 4 — семена с гладкой поверхностью; 5 — семена с шероховатой поверхностью (сорняки).

В 30-х гг. нашего столетия был создан один из крупнейших электромагнитов, предназначенный для устройства, с помощью которого разрушали бракованное литье. Груз, выполняющий эту операцию, весил 200 000 Н. Использование электромагнита в этом устройстве позволяло сбрасывать груз обычным поворотом выключателя.

Вскоре были созданы еще более крупные магниты, способные поднимать груз весом до 500 000 Н.

Магнитная очистка зерна на мельницах стала прообразом одного из чрезвычайно важных в настоящее время применений магнитов. Речь идет о так называемых магнитных *сепараторах*. Принцип их действия состоит в том, что смесь полезного вещества и «пустой породы» подается по конвейеру и проходит мимо полюсов магнита (рис. 105). Если пустая порода магнитна, то она будет извлечена из смеси. Принцип сепаратора с использованием естественных магнитов был предложен еще в 1792 г., т. е. до изобретения электромагнита.

Магнитный метод разделения полезной и пустой породы применяют сейчас во многих отраслях горнодобывающей промышленности, и в частности в угледобывающей, поскольку многие вредные примеси в угле ферромагнитны. По ходу движения ленты с размельченной породой устанавливают магнитный ребристый ролик, который захватывает вредные примеси и выносит их из породы. Такой метод очистки позволяет снизить примеси в угле с 12—17 до 7—8%. Этот метод был впервые предложен и испытан в СССР.

А как очистить породу, например, от пирита, магнитные свойства которого очень слабы? Здесь ученые тоже нашли выход: пирит обрабатывают в паровоздушной среде при температуре 270—300 °С и покрывают слоем магнитных оксидов.

Другой тип сепаратора был изобретен в 80-х гг. прошлого века Эдисоном.

Гуляя по берегу Лонг-Айленда, он заметил, что песок пляжа содержит частички оксида железа. Если просыпать такой песок между полюсами магнита, можно легко отделить немагнитные частицы от оксида железа. Эта идея Эдисона решила одну из проблем того времени: что делать с залежами руды, в которой содержание железа невелико.

Эдисон предложил обработать руду таким образом, чтобы она была похожа на легко разделяемый песок пляжа, т. е. размолоть ее. После размельчения в дробилке руда поступает в башню и ссыпается с ее вершины. При падении частицы руды встречают все усиливающиеся магнитные поля нескольких мощных электромагнитов. Оксид железа оседает на магнитах, и его периодически снимают с наконечников, а пустая порода беспрепятственно падает вниз.

Не удивительно, что город, возникший на месте «бедных» залежей железных руд, был назван Эдисон-сити.

Магнитные сепараторы применяют и в сельском хозяйстве для отделения семян клевера, льна, люцерны от семян сорняков. Инженеры воспользовались здесь «оружием врага» и обратили его против него самого. Дело в том, что семена сорняков (горчака, плевела), как правило, шероховаты, их поверхность покрыта миниатюрными зацепками, позволяющими этим семенам прикрепляться к коже животных, одежде и т. д. Это помогает сорнякам в их быстром распространении и в борьбе за существование. Если засыпать загрязненные сорняками семена мелкими железными опилками, то они как бы прилипнут к семенам сорняков, в то время как гладкие семена злаков останутся чистыми. Теперь можно с легкостью очистить зерно от сорняков с помощью магнитного сепаратора.

Электромагниты нашли широкое применение в промышленности, технике, медицине. Например, в батискафе французского профессора Пиккара, исследовавшего не так давно глубочайшие океанские впадины, мощный электромагнит удерживал железный балласт.

Задание 54

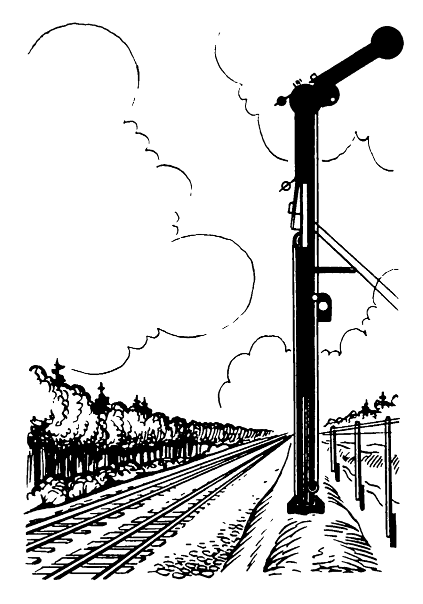


Рис. 106

Железнодорожный семафор с электромагнитным подъемным механизмом. Применяемые на железных дорогах семафоры (рис. 106) представляют собой высокую металлическую мачту, имеющую крыло с диском и противовесом. На мачте установлены поворотные очки с цветными стеклами и фонарь. Управление семафором на расстоянии осуществляется с помощью троса или электромагнитного механизма.

Семафоры указывают машинисту, свободен путь или нет. Если крыло семафора поднято (примерно под углом 45°), то путь свободен; если крыло опущено — проезд запрещен.

Мы предлагаем юным техникам построить модель семафора, используя детали электроконструктора.

На панели *1* (рис. 107) установите мачту семафора — угольник *2*. С помощью винта и гайки закрепите в верхнем отверстии угольника крыло семафора — второй угольник *3*. Гайку наверните так, чтобы крыло свободно вращалось на винте. На длинном конце крыла закрепите диск семафора. Диск вырежьте

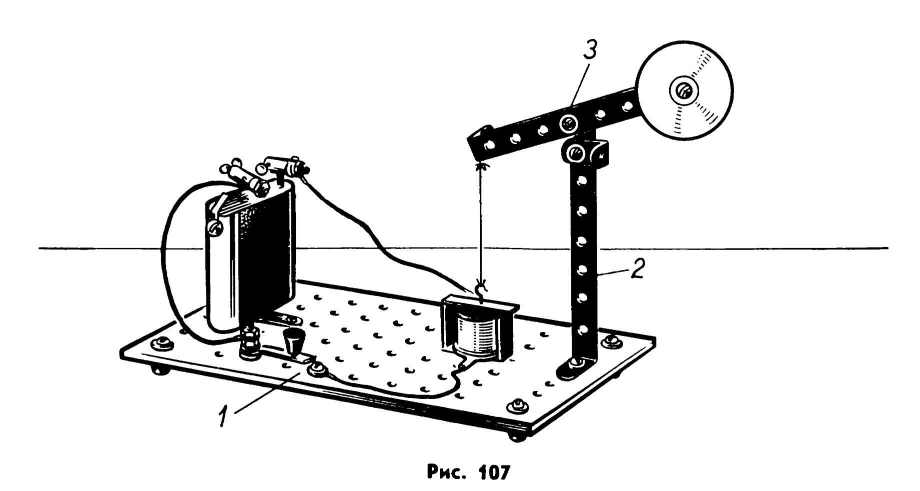


Рис. 107

из бумаги (см. рис. 107) и наклейте на лист картона. Соберите подъемный механизм. Для этого на монтажной панели закрепите скобу электромагнита с катушкой и железным сердечником. К короткому плечу крыла семафора привяжите ниткой якорь. Чтобы крыло находилось в горизонтальном положении (поскольку длинное плечо перетягивает), закрепите упор — угольник ролика. Смонтируйте блок питания, состоящий из батареи и выключателя. Соедините детали между собой проводами, как показано на рисунке 107.

При замыкании выключателя электромагнит притягивает якорь к сердечнику, опускает короткое плечо крыла и поднимает длинное плечо — «семафор открыт». Если разомкнуть выключатель — семафор закрывается.

Отрегулируйте длиной нитки расстояние между якорем и сердечником для обеспечения хорошей работы семафора.

Задание 55

Объяснить явление. Из гвоздя, проволоки и батарейки карманного фонаря изготовлен электромагнит. Если к одному и тому же полюсу магнитной стрелки поднести этот электромагнит вначале одним концом, а затем другим, то стрелка в обоих случаях будет отталкиваться.

Объясните, как сконструирован этот магнит. Изготовьте такой же магнит и проверьте его действие.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ТРАЛЬЩИК

В период второй мировой войны очень большую роль играли *магнитные мины*. Их обычно сбрасывали на парашюте с самолета в различных местах моря. После падения в воду парашют автоматически отделялся от мины, и она погружалась на дно, где и «поджидала» корабль.

Принцип действия магнитных мин заключается в следующем. Корпус, машины и многие другие детали современного корабля делают из стали. Все эти части корабля намагничиваются под действием магнитного поля Земли, и корабль, по существу, становится огромным плавучим магнитом. На расстоянии 10—15 м от корабля чувствительная магнитная стрелка отклонится на некоторый угол. Такая стрелка или специальная электрическая схема, чувствительная к магнитному полю, может быть связана с запальным приспособлением, воспламеняющим заряд взрыв-

чатого вещества. Иногда магнитная стрелка связывается со специальным реле, которое срабатывает под воздействием магнитного поля, в результате чего мина всплывает и взрывается вблизи корабля.

Перед советскими физиками была поставлена задача — создать эффективный метод защиты кораблей от магнитных мин.

По заданию командования академики А. П. Александров и И. В. Курчатов в 1941 г. были направлены в Севастополь для руководства работами, связанными с защитой кораблей Черноморского флота от вражеских магнитных мин. Там была разработана и сконструирована аппаратура для размагничивания кораблей, называемая *противоминным поясом.* Она состояла из специальных обмоток, опоясывавших корабль, по которым пропускался ток от судового генератора.

Попробуйте объяснить, каким образом такая обмотка с током спасала корабль от магнитной мины.

В книге «И. В. Курчатов» И. Н. Головин так рассказывает об этом периоде жизни ученого:

«Начали обучать матросов и офицеров, как размещать обмотки на кораблях для размагничивания, а в Северной бухте сделали полигон для испытания кораблей, прошедших размагничивание. В воде поставили немецкую мину, предварительно освободив ее от взрывчатки, от нее протянули провода на берег для получения сигнала от взрывателя, который оставался в мине. Над миной проходили корабли, и только после тщательной проверки они получали «добро» на выход в море.

Моряки вначале посмеивались над профессорскими «штучками». Первым размагнитили лидер «Ташкент», а за ним поставили на очередь еще три тральщика. Когда пришел приказ о выходе в море, размагничено было только два судна. Тральщики выходили в кильватор, один за другим. Второй, неразмагниченный, при выходе из бухты подорвался. Остальные выполнили задание и невредимыми вернулись на базу.

Недоверие моряков к физикам исчезло. Размагничивание стали проводить на всех кораблях».

Был предложен еще один способ защиты от магнитных мин: заставить ее взорваться тогда, когда корабль находится от нее на значительном расстоянии и не может быть поврежден. В этом назначение кораблей, которые носят название *«электромагнит-*

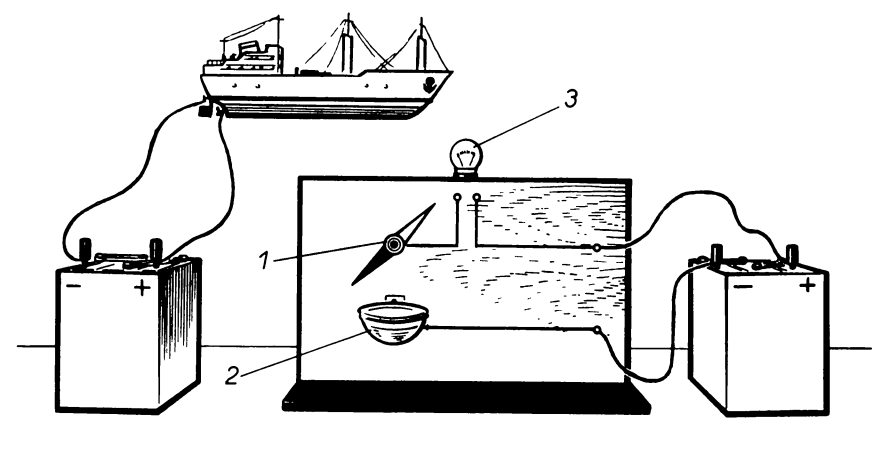


Рис. 108

ный тральщик». Электромагнитный тральщик также имеет противоминную обмотку.

Задание 56

Модель магнитной мины и противоминного тральщика. Простейшая модель магнитной мины (рис. 108) состоит из магнитной стрелки *1*, вращающейся в вертикальной плоскости вокруг горизонтальной оси, чашечки с раствором электролита *2*, лампочки *3* и аккумулятора.

Присоединим к клеммам модели мины аккумулятор (или батарейку) и поднесем к ней вплотную железную модель корабля. Магнитная стрелка наклонится, опустится в чашечку с раствором электролита, цепь замкнется и лампочка загорится — произойдет «взрыв» и «корабль», находящийся вблизи «мины», может погибнуть.

«Мину» можно обезвредить, т. е. заставить взорваться тогда, когда «корабль» находится от нее на значительном расстоянии. Сделать это можно так. Обмотаем железную модель корабля проводом (противоминный пояс). Этот провод присоединим к другому аккумулятору так, чтобы магнитное поле обмотки значительно усиливало магнитное поле «корабля». Если теперь «корабль» приближать к «мине», то магнитная стрелка замкнет цепь (т. е. произойдет «взрыв») тогда, когда «корабль» еще будет на большом расстоянии от нее. «Мина» будет обезврежена, а сам «корабль» останется невредимым.

ОТКРЫТИЕ ЯВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

По книге М. И. Блудова «Беседы по физике», ч. II

Около 1800 г. Вольта изобрел источник постоянного тока — Вольтов столб. В 1820 г. Эрстед открыл действие тока на магнитную стрелку. Некоторое время спустя Ампер повторил этот опыт и обобщил закон электромагнитного действия тока. Он установил, что *два параллельных проводника, по которым идет ток в одном направлении, притягиваются друг к другу и отталкиваются, если токи имеют противоположные направления.*

В этот же период Араго открыл *намагничивание железа током* и построил первый *электромагнит* (без сердечника).

Эта эпоха больших открытий находится в непосредственной связи с бурным прогрессом в промышленности в период начального развития и утверждения капитализма после его победы над феодализмом. Резко увеличилась потребность в более совершенной технике производства, транспорта, связи.

Ученые лучших университетов Европы занимаются исследованием и решением совершенно новых проблем и шаг за шагом все глубже проникают в неведомый мир электрических явлений и законов строения материи. Среди этих блестящих ученых выделяется английский физик и химик — Майкл Фарадей, ученый самоучка, получивший в школе только начальное образование. Фарадею принадлежит идея об *электромагнитном поле*, которая легла в основу всего дальнейшего развития физики и техники. Но обратимся сначала к некоторым эпизодам его удивительной биографии.

Один из декабрьских дней 1812 г. Сэр Гемфри Дэви только что окончил чтение довольно странного письма. Некий юноша, ученик переплетчика, подписавшийся никому в то время не известной фамилией Фарадей, сообщал в этом письме, что он усердно посещал курс популярных лекций Деви в Королевском институте. Он писал о своем горячем желании посвятить себя научной деятельности. К письму были приложены записи прослушанных лекций, тщательно переписанных и собственноручно переплетенных автором письма.

— Вот письмо одного юноши, по имени Фарадей; он слушал мои лекции и просит дать ему место в институте. Что мне с ним делать? — обратился Деви к присутствующему при чтении письма институтскому товарищу.

— Что делать? Вели ему мыть бутылки,— отвечал тот.—

Если он согласится, то из него будет толк, если же нет, то он ни к чему не годен.

В марте 1813 г. по ходатайству Дэви Фарадей получает место ассистента в лаборатории Королевского института. Здесь были выполнены все работы Фарадея, сначала в области химии, а с 1820 г. — преимущественно в области электричества.

Обнаруженное Эрстедом действие тока на магнитную стрелку вызвало в ученом мире исключительный интерес, и открытия в этой области следовали одно другого поразительней. Араго показал, что железные опилки притягиваются к медному проводу, когда по нему идет ток. Повторяя опыты Араго, Дэви обнаружил, что опилки, рассыпанные на листе бумаги, сквозь которую проходит перпендикулярно к листу провод с током, располагаются вокруг провода концентрическими окружностями. В дневнике его ассистента Фарадея помещен рисунок, показывающий это расположение опилок,— рисунок, который сейчас можно видеть в любом учебнике физики. Фарадей и сам проделал много опытов с «магнитной иглой» и проводом с током. Поведение магнитной стрелки наводило на мысль: *нельзя ли получить непрерывное вращение магнита вокруг провода или заставить проводник с током вращаться вокруг магнита?*

В 1821 г. Фарадей поставил опыт, в котором добился непрерывного вращения. На рисунке 109 изображена установка, с помощью которой можно осуществить такое вращение. К металлическому коромыслу *1* подвешены две проволоки — *2*, неподвижно соединенная с коромыслом, и *8*, закрепленная так, что может вращаться. Концы этих проволок опущены в чашечки со ртутью *5*. В этих чашечках вертикально установлены полосовые магниты так, что магнит *3* может вращаться, а магнит *7* закреплен неподвижно. В том и в другом случае второй полюс магнита, как более удаленный, не оказывал действия на подвешенные проволоки. По проводникам *4* и *6* к установке подводился ток.

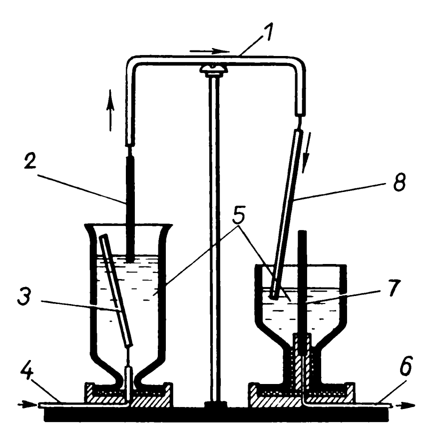


Рис. 109

При замыкании цепи происходит следующее: с одной стороны, магнит *3* вращается во-

круг неподвижного проводника 2, опущенного в чашечку со ртутью, с другой — проводник 8 вращается вокруг магнита 7, закрепленного неподвижно.

Практическое значение открытия выяснилось значительно позже. Во времена Фарадея оно рассматривалось лишь как значительное научное достижение.

На явлении движения проводника с током в магнитном поле основано действие одного из самых распространенных двигателей — *электродвигателя*. Первый в мире практически пригодный электродвигатель был создан в 1834 г. русским ученым Б. С. Якоби.

В 1827 г. Фарадей получил профессорскую кафедру в Королевском институте. О его колоссальной работоспособности можно судить по печатному труду «Экспериментальные исследования по электричеству», выходившему отдельными сериями с 1831 по 1865 г. Все это издание состояло из 30 серий с более чем 3000 параграфами. Вопросы, которые намечались для исследования, он записывал на отдельных листах и затем постепенно их разрешал. Все заметки Фарадея аккуратно пронумерованы. Здесь выразилось умение Фарадея работать систематически.

М. Фарадей был убежден в единстве сил природы. И в 1822 г. он поставил перед собой задачу «превратить магнетизм в электричество». Многие годы он настойчиво проводил опыт за опытом, пытаясь решить эту проблему. Только 29 августа 1831 г. Фарадей добился первых успехов: в опыте, схема которого изображена на рисунке 110, он наблюдал явление, названное *электромагнитной индукцией*. При размыкании цепи, состоящей из источника, ключа и проволочной катушки, в параллельно поставленной второй катушке возникал кратковременный ток, что можно было заметить по слабым отклонениям стрелки гальванометра. В момент замыкания цепи первой катушки во второй снова появлялся ток, но обратного направления. (Рисунок изображает схему опыта, в действительности обе катушки были намотаны на один общий деревянный сердечник.) Введение железного сердечника внутрь катушек усиливало явление.

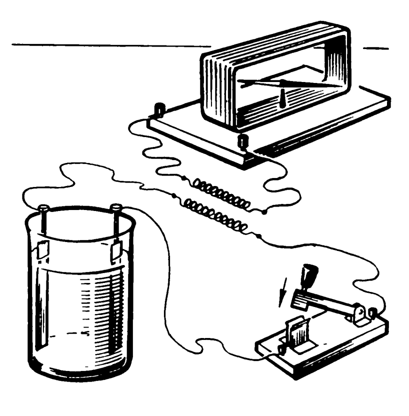


Рис. 110

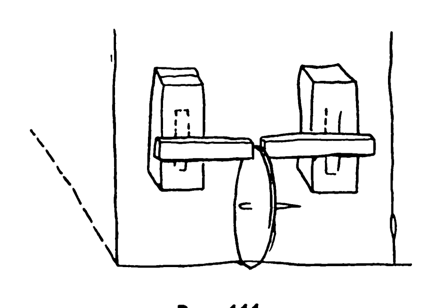


Рис. 111.
Рисунок Фарадея.

Видоизменяя опыт, 17 октября 1831 г. он окончательно решил задачу, поставленную десять лет назад. «...Магнит сразу был вставлен в катушку. Стрелка гальванометра показала мгновенное отклонение... Если магнит оставался внутри катушки, то стрелка снова приходила в свое прежнее положение и при вынимании его отклонялась в противоположном направлении» — так записал Фарадей сделанное им величайшее открытие.

Попытки превратить «магнетизм в электричество» предпринимались не только Фарадеем, но именно его исследования закончились успешно. Величайшей заслугой ученого явилось то, что он первым установил главное условие возникновения индукционного тока: *относительное движение магнитного поля и проводника с током.*

В последующих опытах Фарадей пытался использовать открытое им явление для получения нового источника тока. (В то время в качестве источника тока использовался гальванический элемент — Вольтов столб, так его тогда называли.)

На рисунке 111 изображена схема опыта, в котором Фарадей «заставил медный диск вращаться между полюсами дугообразного магнита. Ось и край диска были соединены с гальванометром. Стрелка отклонялась, как только диск начинал вращаться». Эта установка получила название «диск Фарадея» и явилась прообразом современных генераторов тока.

Идея «единства сил природы», в которую верил Фарадей и которая была подтверждена им серией блестящих опытов, позволила русскому ученому Э. Х. Ленцу предположить (1833 г.), что электродвигатель и электрогенератор являются обратимыми машинами: одна и та же установка может в зависимости от условий и вырабатывать электрическую энергию (превращать механическую энергию в электрическую), и потреблять (превращать электрическую энергию в механическую).

Задание 57

Велосипедный генератор. Чтобы вечером езда на велосипеде была безопасна, на него устанавливают фару. Источником пи-

тания является маленький генератор, закрепляемый на одном из колес.

Если у вас есть велосипед с фарой и генератором, рассмотрите, как устанавливается генератор и как к нему подключается фара.

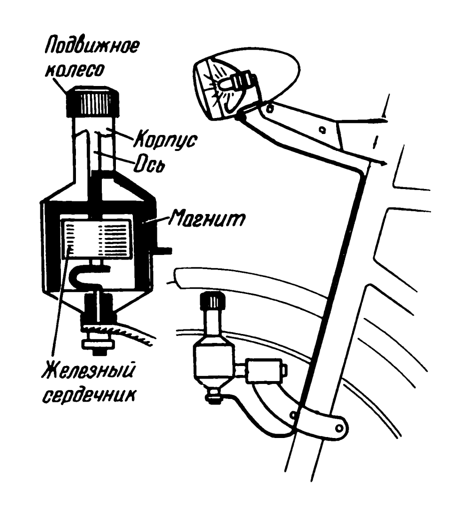


Рис. 112

На рисунке 112 приводятся схема генератора и схема подключения к нему фары. Рассмотрите рисунки. Обратите внимание на электрическую схему подключения фары к генератору. Это *однопроводная схема*. Она широко используется в электрическом освещении автобусов, трамваев, поездов метро.

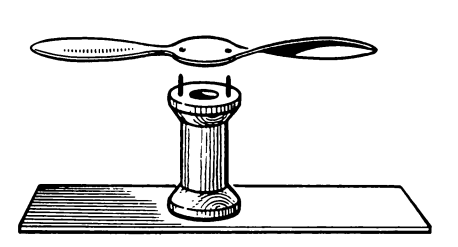


Рис. 113

Исследуйте электрическую цепь велосипеда (или воспользуйтесь рисунком). Изобразите на схеме направление тока от генератора к потребителю.

Каким образом в однопроводной системе добиваются того, чтобы электрическая цепь была замкнута?

Задание 58

Модель электровентилятора. Микроэлектродвигатель можно использовать для сборки и испытания модели электровентилятора. Для этого на валу двигателя укрепите крыльчатку из электроконструктора. Ее можно сделать самим. Вырежьте из жести пластинку в виде удлиненной восьмерки (рис. 113) и отогните в разные

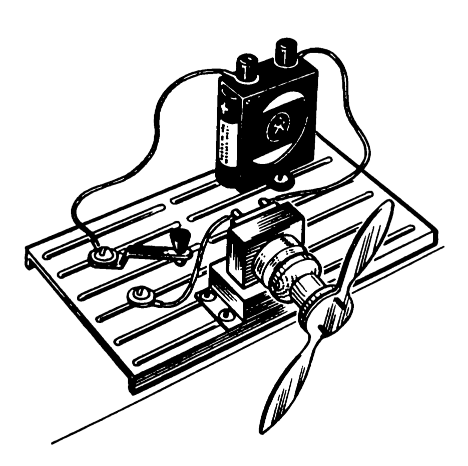


Рис. 114

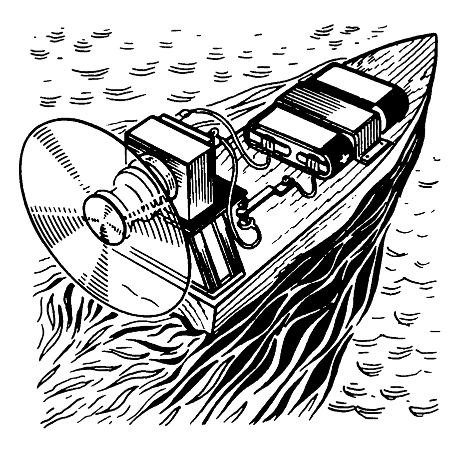


Рис. 115

стороны лопасти. Прикрепите крыльчатку к катушке для ниток. Для этого вбейте в катушку два гвоздя без шляпок, а в крыльчатке сделайте соответственно два отверстия, укрепите ее на гвоздики и загните их. Для того чтобы это устройство насадить на вал электродвигателя, воспользуйтесь пустым стержнем от шариковой ручки. Отрежьте от него кусочек по длине свободной части вала двигателя, наденьте его на вал, сверху обмотайте изоляционной лентой так, чтобы катушка с крыльчаткой плотно «сидела» на валу.

Соберите электрическую цепь из электродвигателя с крыльчаткой, батареи и выключателя. Удобно собрать цепь на монтажной панели электроконструктора (рис. 114). Замкните цепь. Обратите внимание на направление вращения крыльчатки вентилятора. Подключите батарейку к электродвигателю другими полюсами. Включите вентилятор. В каком направлении теперь вращается крыльчатка?

Изменение направления вращения якоря электродвигателя называется *реверсом*[1]. Используется это явление для изменения направления движения электротранспорта, лифта, прокатного стана.

Задание 59

Винтомоторный движитель[2]. С помощью модели электровентилятора можно проделать следующий опыт. Поместите ее на игрушечный катер и опустите катер на воду.

Хорошую модель катера можно сделать из куска доски (рис. 115). Размеры ее должны быть такими, чтобы свободно уместился электродвигатель с батарейкой.

Включите вентилятор. Винт, вращающийся от батарейки, при-

---

[1] *Реверс* — англ. reverse от лат. revertor — поворачиваю назад, возвращаюсь.

[2] *Движитель* — устройство, с помощью которого машина движется: колесо, гусеничный ход, весла, гребной винт, воздушный винт и др. Не путайте с двигателем — машиной, преобразующей какой-либо вид энергии в энергию механическую, например электродвигатель, двигатель внутреннего сгорания.

ведет катер в движение. Вы получили модель винтомоторного движителя. На практике такой движитель устанавливается на аэросанях, которые используются, главным образом, на Севере. По ровному снегу они могут развивать скорость 30—40 км/ч. Устанавливают воздушный винт и на некоторых катерах. Созданы экспериментальные образцы аэропоезда — бесколесного поезда с турбовинтовым двигателем. Он развивает скорость 350—400 км/ч. Так же как поезд, он движется по рельсам, но не по двум, а по одному *(монорельс)*. Этот поезд колес не имеет, он движется на воздушной подушке.

Самое широкое применение воздушный винт получил в авиации.

Задание 60

Обратимость электрических машин. С микродвигателем вы можете проделать опыт, иллюстрирующий принцип обратимости электрических машин.

Соберите электрическую цепь, состоящую из двигателя и модели гальванометра. Как изготовить модель гальванометра из деталей электроконструктора, рассказано в задании 49. На шкив электродвигателя с помощью пустого стержня для шариковой ручки плотно насадите катушку для ниток (см. задание 58). Намотайте на катушку нить, к концу которой привяжите груз (примерно 1—2 Н).

Отпустите груз так, чтобы он, падая, разматывал нить и вращал ротор электродвигателя. Следите за стрелкой гальванометра во время движения груза и после его остановки.

Объясните, почему и в какой момент отклонялась стрелка гальванометра.

Зафиксировать наличие тока в этом опыте можно и с помощью лампы от карманного фонаря. Продумайте, как осуществить этот опыт, и проделайте его.

ЕДИНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА (ЕЭС)

«Коммунизм — это есть Советская власть плюс электрификация всей страны». В этих словах В. И. Ленин определил, какое важное место занимает повсеместное внедрение электрической энергии в промышленность, сельское хозяйство, наш быт. Именно поэтому на протяжении всей истории Советского государства Коммунистическая партия и правительство придавали первостепенное значение развитию электрификации. Достаточно вспомнить,

что уже в 1920 г. по предложению В. И. Ленина был составлен первый план электрификации России (ГОЭЛРО), принятый VIII Всероссийским съездом Советов. В 1931 г. этот план в основном был выполнен.

Дальнейшее развитие электроэнергетики в нашей стране шло быстрыми темпами вплоть до Великой Отечественной войны, во время которой было разрушено свыше 60 крупных электростанций, уничтожено почти половина всех линий электропередач.

После победы советский народ приступил к восстановлению разрушенного энергохозяйства и строительству новых электростанций.

В настоящее время наша страна по производству электроэнергии занимает первое место в Европе и второе место в мире.

Дальнейшее развитие энергетики СССР изложено в Энергетической программе СССР, разработанной в 1984 г. Ее реализация является одним из необходимых условий для ускорения перевода экономики страны на интенсивный путь развития, что позволит существенно увеличить энерговооруженность отраслей народного хозяйства, особенно агропромышленного комплекса, и будет способствовать успешному выполнению Продовольственной программы СССР[1].

Какие же основные задачи должна решить Энергетическая программа СССР? Это прежде всего научно обоснованные направления экономии топлива и энергии, что предусматривает усовершенствование технологии производства, увеличение выработки электроэнергии на атомных и гидроэлектростанциях, техническую разработку и внедрение установок по использованию так называемых возобновляемых источников энергии: солнечной (об этом вы можете прочитать на с. 133), геотермальной (см. с. 135), приливной (см. с. 110), энергии ветра (см. с. 112).

Не менее важной в области электроэнергетики является задача в ближайшие два десятилетия завершить формирование электроэнергетической системы страны.

Наша страна занимает большую территорию. Почти через 12 часовых поясов протянулась ее граница с востока на запад. Если в Хабаровске 14 ч, то в Москве еще только наступает рассвет. А это значит, что в одно и то же время одни электростанции должны работать с полной нагрузкой, а другие могут снизить выработку электроэнергии. К крупным городам, где очень

---

[1] См.: Основные положения Энергетической программы СССР на длительную перспективу. М., 1984, с. 5.

много потребителей электроэнергии, ее подводят с большим запасом, чтобы покрывать «пиковые» нагрузки. Энергию передают из тех районов, где мощности электростанций в это время используются не полностью. Чаще всего передача ведется из районов одного часового пояса в районы другого.

Это стало возможным, потому что электрические станции разных районов нашей страны объединены в *электроэнергетические системы* отдельных районов: европейской части СССР, Сибири, Урала, Дальнего Востока и др. Такое объединение позволяет согласовывать работу отдельных электростанций, подчиняя ее единому режиму.

При составлении плана выработки электроэнергии учитывают и возможности работы разных типов электростанций. Например, ТЭЦ должны все время вырабатывать энергию. Их не остановишь: нельзя прекращать снабжение жилых домов и заводов горячей водой и паром. ТЭС, вырабатывающие только электроэнергию, можно остановить, когда потребность в электроэнергии падает. Правда, для пуска их турбогенераторов требуется несколько часов, но это можно заранее предусмотреть графиком суточного потребления энергии. Наиболее легко управляемы ГЭС. Пуск и остановка их турбин занимает всего несколько минут.

В настоящее время различные энергосистемы европейской части нашей страны объединены и их работа подчинена общему режиму. Ведется формирование Единой энергетической системы нашей страны (ЕЭС СССР) путем объединения Единой энергетической системы европейской части СССР с энергосистемами других регионов страны.

Сейчас в составе ЕЭС СССР работает около 80 энергосистем. Они дают энергию народному хозяйству на территории европейской части страны, Закавказья, Урала, Северного Казахстана, Сибири. Расстояние между крайними точками ЕЭС с севера на юг около 3000 км, с востока на запад — 4000 км. Мощность всех электростанций, объединенных в ЕЭС СССР, составляет более 160 ГВт. Из ЕЭС СССР поток энергии идет в энергосистемы Болгарии, Венгрии, Чехословакии, Польши, ГДР, Финляндии. В дальнейшем будет создана Единая энергетическая система социалистических стран, она протянется от Улан-Батора на востоке и до Берлина на западе.

Одна из основных отраслей техники — энергетика — достигла громадных успехов, что является свидетельством совершающейся в нашей стране грандиозной научно-технической революции.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ЗАДАНИЯ ПО РИСУНКАМ, КОТОРЫЕ РАСПОЛОЖЕНЫ НА ФОРЗАЦАХ КНИГИ

Изображенную на рисунках сетку нужно перерисовать и в каждую строку вписать отгаданное вами слово.

I. Слова по горизонтали должны означать: **1.** Частица, входящая в состав молекулы. **2.** Английский ботаник, имя которого вошло в историю физики. **3.** Твердое состояние самой распространенной в природе жидкости. **4.** Вид материи. **5.** Древнегреческий ученый, основатель учения об атомах. **6.** Явление, при котором вещества сами собой перемешиваются друг с другом. **7.** Выдающийся русский ученый, основатель Московского университета. **8.** Агрегатное состояние вещества.

Если все слова вами отгаданы правильно, то в выделенных клетках по вертикали получится слово, означающее мельчайшую частицу какого-либо вещества.

II. Слова по горизонтали должны означать: **1.** Аппарат для дыхания человека под водой. **2.** Красная линия, показывающая наибольшую допустимую глубину погружения судна в воде. **3.** Прибор, применяемый для определения глубины морей, действие которого основано на явлении отражения ультразвука. **4.** Аппарат, предназначенный для изучения морских глубин. **5.** Прибор для определения плотности жидкости. **6.** Величина, равная весу воды, вытесняемой судном при наибольшем допустимом погружении. **7.** Глубина, на которую судно погружается в воду.

Если все слова отгаданы правильно, то в выделенных клетках по вертикали вы прочтете фамилию ученого, сделавшего важное открытие в гидростатике.

III. На этом рисунке изображен чайнворд, в котором последняя буква слова должна совпадать с первой следующего (например: золот**о** — **о**лово). Слова в чайнворде означают следующее: **1.** Английский ученый, именем которого названа единица физической величины. **2.** Космонавт, впервые осуществивший в невесомости выход из пилотского кресла. **3.** Сила, с которой тело вследствие притяжения к Земле действует на опору или подвес. **4.** Причина изменения движения. **5.** Жидкость, плотность которой 790 $\frac{кг}{м^3}$. **6.** Прибор для измерения силы. **7.** Аппарат для полетов в космическое пространство. **8.** Газ, плотность которого 1,250 $\frac{кг}{м^3}$. **9.** Судно, приводимое в движение двигателем внутреннего сгорания.

IV. Слова по горизонтали должны означать: **1, 5, 8.** Простые механизмы. **2, 10.** Виды механической энергии. **3.** Древнегреческий ученый, физик и математик, установил правило рычага. **4.** Величина, которая обладает способностью

сохраняться при различных физических процессах. **6.** Гидротехническое сооружение. **7.** Английский ученый, именем которого названа единица физической величины. **9.** Мера изменения энергии. **11.** Величина, характеризующая быстроту совершения работы. **12.** Английский изобретатель, именем которого названа единица физической величины.

Если все слова вами отгаданы правильно, то в выделенных клетках по вертикали получится слово, означающее двигатель, преобразующий механическую энергию воды в энергию вращающегося вала.

V. Слова по горизонтали должны означать: **1.** Прибор для измерения температуры. **2, 3, 12.** Виды теплопередачи. **4, 5.** Современная и применявшаяся ранее единица количества теплоты. **6.** Вещество, сжигаемое для получения теплоты. **7.** Ученый, который первым придумал прибор, отмечавший изменение температуры воздуха. **8.** Сосуд, предохраняющий воду или пищу от теплообмена с окружающей средой. **9.** Шведский ученый, именем которого названа одна из термометрических шкал. **10.** Газ, который является причиной того, что шерсть, пух, мех и другие пористые тела обладают плохой теплопроводностью. **11.** Явление перехода молекул из жидкости в пар. **13.** Единица температуры.

Если все слова вами отгаданы правильно, то в выделенных клетках по вертикали получится слово, означающее процесс, при котором внутренняя энергия передается от одного тела к другому.

VI. Слова по горизонтали должны означать: **1.** Источник тока (элемент), в котором внутренняя энергия нагревателя превращается в электрическую. **2.** Источник тока, в котором световая энергия непосредственно превращается в электрическую. **3.** Чертеж, на котором изображен способ соединения электрических приборов в цепь. **4.** Явление упорядоченного движения заряженных частиц. **5.** Итальянский ученый, построивший первый источник тока. **6.** Часть электрической цепи, служащая для соединения остальных ее частей. **7.** Часть электрической цепи, в которой электрическая энергия потребляется, превращаясь в другой вид энергии. **8.** Часть электрической цепи, служащая для ее замыкания и размыкания. **9.** Одно из мест на источнике тока, к которому присоединена клемма для включения его в электрическую цепь. **10.** Материал пластины простейшего химического источника тока, которая заряжена отрицательно. **11.** Итальянский ученый, в честь которого названы элементы — химические источники тока. **12.** Источник тока, требующий предварительной зарядки.

VII. Слова по горизонтали должны означать: **1, 2.** Английский и русский ученые, установившие на опыте независимо друг от друга, от чего зависит количество теплоты, выделяемое проводником с током. **3.** Часть электрической лампы накаливания, которая ввинчивается в патрон. **4.** Русский ученый, открывший явление электрической дуги. **5.** Металл, из которого изготовляют спираль лампы накаливания. **6.** Изобретатель первой лампы накаливания, пригодной для практического использования. **7.** Изобретатель дуговой лампы — электрической свечи. **8.** Американский изобретатель, усовершенствовавший лампу накаливания и создавший для нее патрон. **9.** Материл, из которого изготовляют баллон лампы накаливания. **10.** Газ, применяемый для заполнения ламп накаливания.

VIII. Слова по горизонтали должны означать: **1.** Ученый, впервые обнаруживший взаимодействие электрического тока с магнитной стрелкой. **2.** Место магнита, где наблюдается наиболее сильное магнитное действие. **3.** Устройство, работающее на слабых токах, при помощи которого можно управлять цепью, сила тока в которой велика. **4.** Изобретатель первого в мире телеграфного аппарата, печатающего буквы. **5, 6.** Приборы, совместное пользование которыми позволяет передавать звук на далекое расстояние. **7.** Изобретатель электромагнитного телеграфа и азбуки из точек и тире. **8.** Ученый, объяснивший намагниченность железа и стали электрическими токами, которые циркулируют внутри каждой молекулы этих веществ. **9.** Прибор, служащий для ориентации на местности, . основной частью которого является магнитная стрелка. **10.** Русский ученый-электротехник, изобретатель электромагнитного телеграфа. **11.** Одна из основных частей приборов 5 и 6, названных выше. **12.** Приемник тока, служащий для превращения электрической энергии в механическую. **13.** Вещество, из которого делают постоянные магниты.

Если все слова вами отгаданы правильно, то в выделенных клетках по вертикали получится слово, означающее катушку проводов с железным сердечником внутри.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава IV.
Гидро- и аэростатика

Глава V.
Работа и мощность. Энергия

VII КЛАСС

Глава VI.
Тепловые явления

Глава VII.
Тепловые двигатели

Глава VIII.
Электризация тел. Строение атома

Глава IX.
Законы электрического тока

Глава X.
Электромагнитные явления

КНИГА ДЛЯ ЧТЕНИЯ ПО ФИЗИКЕ

Учебное пособие
для учащихся 6—7 классов средней школы

Составитель
Инна Георгиевна Кириллова

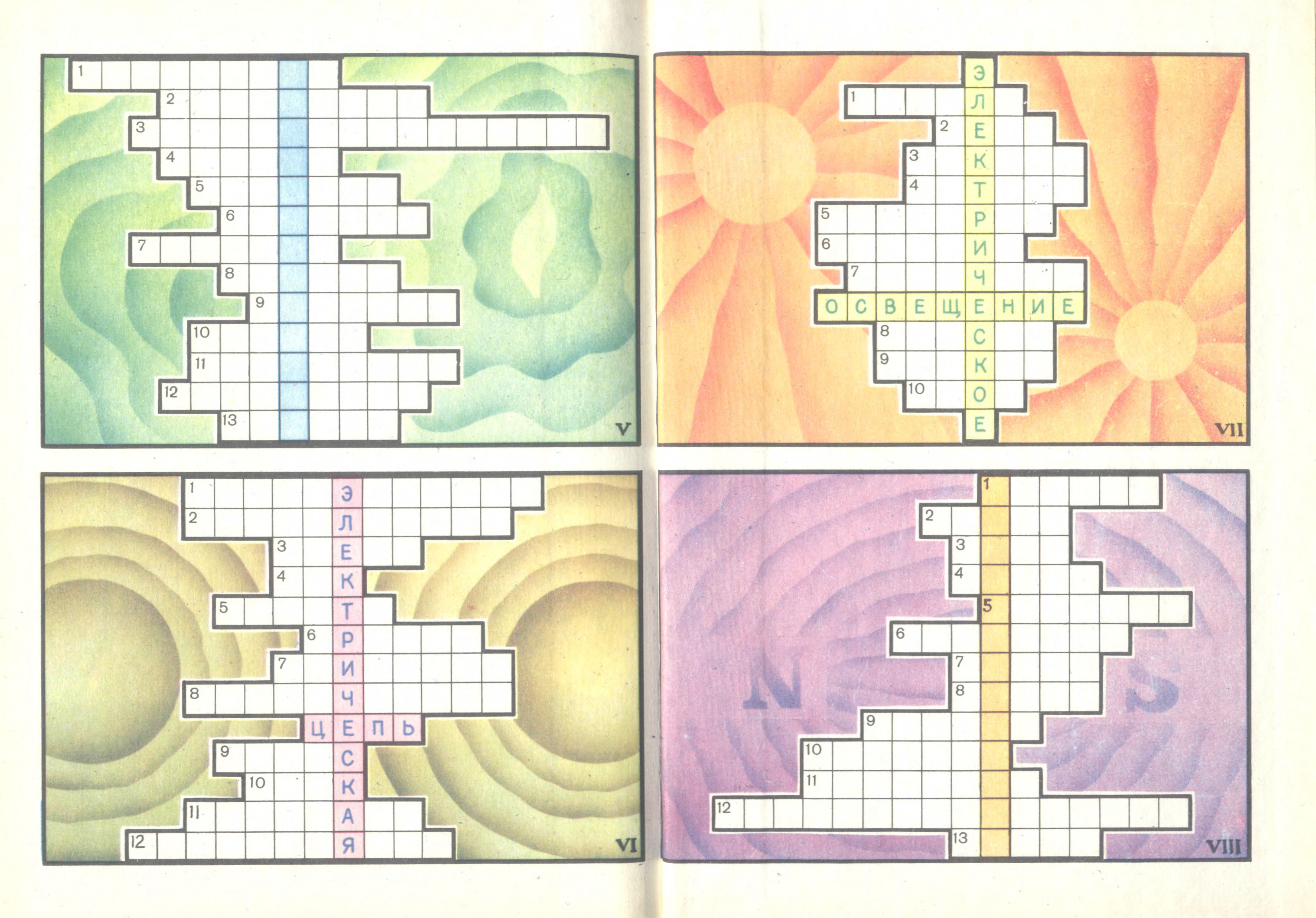
Зав. редакцией *Н. В. Хрусталь*
Редактор *Л. С. Мордовцева*
Художники *С. Ф. Лухин, В. А. Сайчук, В. И. Тильман*
Художественный редактор *В. М. Прокофьев*
Технический редактор *Н. Т. Щербак*
Корректор *Н. В. Бурдина*

ИБ № 9157

Сдано в набор 07.08.85. Подписано к печати 13.03.86. Формат $60 \times 90^1/_{16}$. Бум. офсетная № 2. Гарнит. литерат. Печать офсетная. Усл печ л. 13+0,25 форз.+0,25 вкл. Усл. кр.-отт. 15,32. Уч.-изд. л. 11,79+0,28 форз.+0,24 вкл. Тираж 297 000 экз. Заказ 1088. Цена 55 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 129846, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Смоленский полиграфкомбинат Росглавполиграфпрома Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли Смоленск-20, ул. Смольянинова, 1.



V
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ
ОСВЕЩЕНИЕ
VII
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ
ЦЕПЬ
VI
N
S
VIII

55 к.

